

Décembre 1982
Trimestriel

R 3835

fascicule

4

BULLETIN

D'ÉCOLOGIE



SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

(Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976)

Bureau pour l'année 1982 :

Président : P. PESSON, 55 avenue Duquesne, 75007 Paris.

Vice-Présidents : J.C. LEFEUVRE, Laboratoire d'Évolution des Écosystèmes naturels et modifiés - Muséum National, 36, rue Geoffroy, Saint-Hilaire, 75231 Paris Cedex 05.

Z. MASSOUD, Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 BRUNOY.

Présidents honoraires : G. LEMÉE, P. GRISON, J.A. RIOUX, C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE.

Secrétaire Général : Germaine RICOUX, Laboratoire de Recherche sur les Écosystèmes prairiaux - INRA - 16, rue Dufay, 76100 ROUEN.

Secrétaire Général adjoint : P. BLANDIN, Laboratoire de Zoologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

Treasorier : F. DE BEAUFORT, Secrétariat Faune Flore, Muséum National, 57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05.

Treasorier adjoint : M. AMANIEU, Laboratoire d'Hydrobiologie, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Place Eugène Bataillon, 34060 Montpellier Cedex.

Bulletin d'Écologie :

Directeur de la Publication : Secrétaire Général.

Fabrication du Bulletin : R. DAJOZ, Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 BRUNOY.

Conseil pour l'année 1982 :

AMANIEU M. (adresse ci-dessus).

DE BEAUFORT F. (adresse ci-dessus).

BELLAN G., Station Marine d'Endoume, CNRS, rue Batteries des Lions, 13007 Marseille.

BLANDIN P. (adresse ci-dessus).

BOUDOURESQUE C., Laboratoire de Biologie Végétale, UER des Sciences de la Mer et de l'Environnement, Luminy - 70, route Léon Lachamp, 13288 Marseille Cedex 2.

BOURNAUD M., Département de Biologie animale et Écologie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

CHARLES P.J., Station de Zoologie et de Bioécotique Forestières, INRA - Ardon - 45160 Olivet.

COINEAU Y., Laboratoire des Arthropodes, Muséum National, 61, rue Buffon, 75, Paris Cedex 05.

DAJOZ R. (adresse ci-dessus).

DELAMARE-DEBOUTTEVILLE C., Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 BRUNOY.

DECAMPS H., Centre d'Écologie des Ressources Renouvelables, 29, rue Jeanne-Marvig, 31055 Toulouse Cedex.

GEHU J.M., Faculté de Pharmacie, Université de Paris V, 4, avenue de l'Observatoire, 75006 Paris.

JARRY D., Laboratoire de Parasitologie, Institut de Botanique, rue Auguste-Broussonnet - 34060 Montpellier Cedex.

LAMOTTE M., Laboratoire de Zoologie, École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05.

LAUBIER L., CNEXO, 66, avenue d'Iéna, 75116 Paris.

LEBRETON P., Département de Biologie végétale, Service de Phytochimie et Phytosociologie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

LEFEUVRE J.C. (adresse ci-dessus).

LEGAY J.M., Département de Biologie Générale et Appliquée, Laboratoire de Biométrie, Université Claude Bernard, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex.

LOSSAINT P., CNRS, CEPE Louis Emberger, route de Mende, BP 5051, 34033 Montpellier Cedex.

MASSOUD Z. (adresse ci-dessus).

OZENDA P., Laboratoire de Botanique et Biologie Végétale, Université de Grenoble, B.P. 53, Centre de Tri, 38041 Grenoble Cedex.

PESSON P. (adresse ci-dessus).

RAMADE F., Laboratoire de Zoologie, Université de Paris-Sud, 91405 Orsay Cedex.

RICOUX G. (adresse ci-dessus).

RIOUX J.A., Laboratoire de Parasitologie, Institut de Botanique, rue Auguste Broussonnet, 34060 Montpellier Cedex.

TREHEN P., Station biologique de Paimpont, 35380 Plélan-le-Grand.

VANNIER G., Laboratoire d'Écologie Générale, Muséum National, 4, avenue du Petit-Château, 91800 BRUNOY.

Décembre 1982
Trimestriel

83835
fascicule 4

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Reconnue d'utilité publique par décret du 31 mars 1976

SECRÉTARIAT GÉNÉRAL

C/O Secrétariat «Faune Flore»
57, rue Cuvier, 75231 PARIS Cedex 05
Tél. 336.54.32

Publié avec le concours financier du Ministère de l'Environnement



Tome 13

Bibliothèque Centrale Muséum



3 3001 00041528 0

Avis important. Cet avis tient lieu de convocation

1 — ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE.

Elle aura lieu le vendredi 27 janvier 1984 dans la salle de conférences de l'École Normale Supérieure, 46 rue d'Ulm Paris 5^e à 14 heures.

Ordre du jour :

- Rapport moral
- Rapport financier
- Renouvellement du Conseil
- Questions diverses

Les membres du conseil sont élus pour 4 ans et renouvelables une fois.

Les membres du conseil sortants en 1984 sont :

Non renouvelables

Coineau
Géhu
Laubier
Ozenda

Renouvelables

Boudouresque
Lamotte
Lebreton
Legay
Massoud
Pesson
Vannier
Ricou

Les membres du Bureau sortant en 1984 sont prolongés jusqu'en 1986 en accord avec les décisions de l'assemblée générale du 28 janvier 1983.

2 — APPEL DE CANDIDATURES : Les membres de la société, à jour de leur cotisation, qui souhaitent présenter leur candidature au Conseil, sont priés de le faire savoir au Secrétariat général *avant le 31 décembre dernier délai.*

Un bulletin de vote sera envoyé courant décembre pour le prochain fascicule avec la liste des candidats.

3 — CONFÉRENCES.

A l'occasion de l'Assemblée générale de 1984 la Société organise des conférences sur le thème :

INDICATEURS BIOLOGIQUES : BILAN ET PERSPECTIVES

Vendredi 27 janvier 1984

- | | |
|-------|--|
| 09H30 | Accueil |
| 09H45 | Allocution du Président |
| 10H00 | La détection des polluants à l'aide d'indicateurs biologiques |
| 11H45 | La cartographie et le suivi spatio-temporel d'une pollution |
| 14H00 | Assemblée générale ordinaire (rapport moral, rapport financier, renouvellement du Conseil) |
| 16H30 | Le diagnostic des écosystèmes (1 ^{ère} partie). |

Vendredi 28 janvier 1984

- | | |
|-------|---|
| 09H30 | Le diagnostic des écosystèmes (2 ^{ème} partie) |
| 11H00 | Bilan et perspectives |

Les conférences et l'Assemblée générale auront lieu à :

*Ecole Normale Supérieure
Salle de conférences
46, rue d'Ulm, Paris 5^e*

BULLETIN D'ÉCOLOGIE

— Tome 13 - 1982 - N° 4 - Décembre —

SOMMAIRE

J. TOUFFET. — Contribution à l'étude des zones humides de Bretagne	329
J.J. CORRE, L. BIGOT, G. BILLES, N. BOUAB, E. COULET, G. GAUTIER, P. HEUR- TEAUX, D. PONT et S. SKEFFINGTON. — Structure du peuplement des rives d'étangs temporaires en Basse Camargue	339
J.M. GEHU et J. GEHU-FRANCK. — Étude phytocœnotique, analytique et globale de l'ensemble des vases et prés salés et saumâtres de la façade atlantique française	357
M. BARBERO, J. GIUDICELLI, P. LOISEL, P. QUEZEL et E. TERZIAN. — Étude des biocénoses des mares et ruisseaux temporaires à éphémérophytes dominants en région méditerranéenne française	387

Avis important

Pour faire connaître le Bulletin d'Écologie, et permettre aux bibliothèques et aux particuliers qui le souhaitent d'acquérir notre revue à un prix raisonnable, le Conseil de la Société a décidé d'offrir, dans la limite des stocks disponibles, la collection complète du Bulletin d'Écologie, du tome 1 au tome 13 inclus, pour la somme de 1500 francs plus frais de port.

S'adresser au Secrétariat de la Société pour bénéficier de cette offre

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES ZONES HUMIDES DE BRETAGNE (1)

par J. TOUFFET

Laboratoire d'Écologie végétale
Université de Rennes

RÉSUMÉ

L'étude entreprise a abouti à un inventaire préliminaire des zones humides de Bretagne. Après en avoir établi la typologie, 360 zones ont été inventoriées et classées, en fonction de leur intérêt biocénotique et écologique, en 4 catégories.

Des études sectorielles plus approfondies ont permis de préciser, pour la plupart des types de zone, la nature et la signification écologique des principaux groupements végétaux, les relations entre certains gradients écologiques et la zonation des espèces végétales ainsi que la relation entre la répartition des Orthoptères et la végétation.

Ces travaux sont loin d'être suffisants pour bien connaître les zones humides de Bretagne. Il est nécessaire :

- de poursuivre l'inventaire par un travail de terrain rigoureux, s'appuyant en grande partie sur l'analyse des biocénoses ;
- de préciser la valeur indicatrice des espèces et des groupements végétaux ce qui nécessite une analyse systématique des conditions de milieux ;
- d'approfondir les connaissances concernant le fonctionnement et le rôle de ces zones humides si l'on veut en apprécier la valeur biologique et écologique sur des bases scientifiques.

1. INTRODUCTION

La Bretagne bien que caractérisée par une pluviosité moyenne, variant de 600 mm à l'Est à 1.200 mm à l'Ouest, n'est pas épargnée par la pénurie en eau, problème préoccupant à l'échelon mondial.

L'imperméabilité du substrat, l'absence de nappe phréatique importante font que, d'année en année, le problème des ressources en eau se pose avec de plus en plus d'acuité (augmentation de la demande en eau par la croissance de la population, pression touristique grandissante, industries agro-alimentaires, culture de plantes consommatrices d'eau, croissance

SUMMARY

This study had lead to a preliminary inventory of humid zones of Brittany. After making up the typology, 360 zones had been inventoried in four classes depending of their biocenotical and ecological interest.

More elaborated studies had allowed to specify, for the greatest part of typical zones, the nature and ecological signification of the most important vegetal groups, the relation between some ecological gradients and the zonation of vegetal species as well as the relation between Orthopterans and vegetation repartition.

These works are not sufficient for a good understanding of humid zones of Brittany. It is necessary :

- to follow up the inventory by a rigorous ground work, based on biocenotic analysis ;
- to specify the indicative value of species and vegetal groups which necessite a systematical analysis of environmental conditions ;
- to elaborate the data relative to the role and functioning of the humid zones if we want to estimate on scientific basis their ecological and biological value.

des élevages industriels etc... ; destruction des systèmes de rétention d'eau par arasement des talus, recalibrage et rectification des rivières, etc...).

Les seuls systèmes naturels permettant de réguler le débit des rivières pendant la période estivale et de maintenir des réserves importantes restent les zones de marécages. Malheureusement, leur mauvaise réputation, le souci de récupérer des terres agricoles, l'absence d'information quant à leur rôle vis-à-vis du problème de l'eau et de leur importance sur le plan biologique font qu'elles disparaissent rapidement (assèchement des marais de la région de Redon, des marais du Couesnon, tentative de récupération des landes humides par drainage dans les Monts d'Arrée, polderisation de l'herbus du Mont Saint-Michel etc...).

Les zones humides constituent de plus des réserves trophiques pour les cours d'eau bretons ; ceci est d'autant plus important en Bretagne où les eaux sont acides et peu productives ; de ce fait les apports de l'écosystème terrestre ont un

(1) Étude réalisée dans le cadre d'un contrat entre le Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie d'une part, et le laboratoire d'Écologie végétale de l'Université de Rennes d'autre part.



rôle considérable.

Il est donc urgent de procéder à l'inventaire et à l'étude de ces zones humides, de leur flore et de leur faune, de mettre en évidence leur intérêt biologique, les grands traits de leur fonctionnement ainsi que les modifications qu'elles subissent du fait de grands travaux (ex : Barrage d'Arzal) ou des travaux de drainage ou de rectification.

L'objectif du travail entrepris dans le cadre de cette étude était :

- 1) De définir et d'inventorier les principales zones humides de Bretagne sur des critères essentiellement phytoécologiques,
- 2) D'étudier de façon plus approfondie dans certaines d'entre elles la nature des groupements végétaux, leur relations avec les conditions de milieu et leur évolution, leurs relations avec certains groupes animaux en particulier les Orthoptères.

2. MÉTHODOLOGIE

Plusieurs phases de recherche se sont succédées.

Un recensement préliminaire a d'abord été établi à partir de recherches bibliographiques.

Puis une typologie des zones humides, basée sur leurs caractères mésologiques et biologiques, a été retenue.

Une première campagne de terrain suivie d'une exploitation phytosociologique, phytoécologique et faunistique a permis d'avoir une vue d'ensemble sur les connaissances descriptives des milieux.

A l'issue de cette première campagne, ont été définis les biotopes où l'étude des relations milieu-végétation et végétation-orthoptère devait être approfondie.

La seconde campagne de terrain a permis de combler les lacunes dans l'inventaire, de vérifier certaines données et d'établir des transects types et des cartes de répartition. Elle a été suivie par l'établissement d'un fichier et par l'élaboration de documents de synthèse.

Un premier type de fiche a été utilisé pour les relevés de terrain. Des renseignements relatifs à la localisation exact du biotope, aux caractères du milieu (hydrologiques et géologiques) aux aménagements éventuels (degré d'artificialisation ou de destruction), complètent la liste des groupements végétaux présents accompagnés, pour ceux dont la caractérisation phytosociologique est incertaine, de relevés d'abondance-dominance selon la méthode de BRAUN-BLANQUET. Des renseignements relatifs à la faune (espèces indicatrices ou caractéristiques, abondance, etc...) y sont joints.

Le type de fiche définitif comprend :

- un numéro de classement et le numéro du département,
- le lieu-dit et la localité
- des paramètres généraux (nature de la formation, surface totale, situation environnante...),
- des données scientifiques (substrat géologique, flore, faune),
- une cotation simple permettant une hiérarchisation vis-à-vis de l'intérêt biologique et écologique.

Cette cotation, de type qualitatif (Figure 1), constitue un avis synthétique de l'équipe de travail et se base sur les critères retenus dans la réalisation des fiches :

- superficie du complexe,
- diversité des espèces, des groupements d'espèces et des populations (animales et végétales),
- rareté d'espèces végétales ou animales,
- abondance particulièrement pour l'avifaune (migrateurs et nicheurs).

La liaison milieu-végétation-avifaune est approchée, pour l'ensemble des sites inventoriés, à partir des documents ornithologiques de la SEPNE, d'Ar Vran et des travaux des Ornithologues de Rennes (particulièrement la station biologique de Paimpont). Ces données ont pu être complétées lors des campagnes de terrain.

La liaison végétation-Orthoptères est établie dans un certain nombre de zones types sélectionnées après relevé de leur diversité phytoécologique ou par l'existence de gradients écologiques marqués. Elle est étudiée par des relevés au cadre à Orthoptère le long de transects qui donnent, outre la répartition qualitative, une indication de l'abondance des populations d'Orthoptères présents.

La liaison végétation-facteurs abiotiques est mise en évidence par les paramètres mésologiques ou descriptifs relevés sur le terrain (substrat, typologie globale), par les données tirées des études précédentes et par des transects effectués sur quelques zones types présélectionnées pour leur intérêt.

3. PRINCIPAUX RÉSULTATS OBTENUS

A) CLASSIFICATION ET INVENTAIRE DES ZONES HUMIDES DE BRETAGNE.

1. Classification des zones humides de Bretagne.

Nous avons d'abord été amené à distinguer à l'échelle régionale plusieurs types de «complexes humides» basés sur leurs caractères physiographiques, hydrologiques et biologiques.

Les deux catégories fondamentales sont d'une part, les complexes littoraux ou sublittoraux, bien représentés en Bretagne, d'autre part, les complexes intérieurs très diversifiés en fonction des caractères du milieu et de la végétation.

a) Les zones halophiles.

Elles correspondent à la zone intertidale (aire comprise entre les plus hautes et les plus basses mers de vives eaux) et sont particulièrement bien représentées en Bretagne dans les baies et les estuaires. Sur la côte Nord, ce sont essentiellement la Baie du Mont St-Michel, les estuaires de la Rance, du Couesnon, du Trieux, du Jaudy, du Léguer, les Abers du Nord Finistère, les Baies de St-Brieuc, de la Fresnaye, de Morlaix... Sur la côte Ouest, la Rade de Brest et sur le littoral Sud, les rives des estuaires de l'Odet et de l'Aven, la rivière d'Étel, la rivière d'Auray, le Golfe du Morbihan, l'estuaire de la Vilaine, le Traict du Croisic, l'estuaire de la Loire.

La zone la plus basse, ou slikke, est le domaine de la végétation pionnière où l'on peut distinguer des herbiers à Zostères (abondants dans le Golfe du Morbihan), des groupements à Spartines et des groupements à Salicornes. La partie supérieure, ou schorre, est caractérisée par une végétation

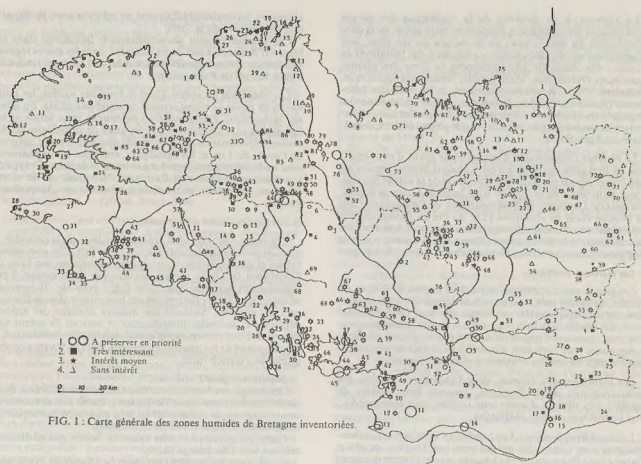


FIG. 1: Carte générale des zones humides de Bretagne inventoriées.

tion halophile plus diversifiée : groupement à Obione, prairies salées à *Glycérie maritime* (véritables pré-salé), à Joncs, à Carex, à Fétuque, à Chiendent.

Ces zones sont, pour la plupart, les mieux connues, en particulier en ce qui concerne l'avifaune (lieux d'hivernage pour les oiseaux migrateurs).

b) Les zones saumâtres.

Les zones saumâtres d'estuaire sont intimement imbriquées avec les zones halophiles. Elles sont intéressantes car elles présentent un gradient de salinité qui se répercute sur l'ensemble des caractéristiques biologiques et, en particulier, sur la zonation de la végétation. Citons à titre d'exemple, les estuaires du Couësson, de la Rance, du Golfe du Morbihan, de la Vilaine.

Les marais maritimes arrière littoraux ne sont en communication avec la mer qu'épisodiquement. Ils sont très nombreux dans les dépressions arrière du littoral tout le long du littoral breton. La plupart sont méconnus et souvent comblés. Les grands ensembles tels que les marais de Goulven, la Baie de Douarnenez ou le complexe Gâvres-Erdeven ont été mieux étudiés.

Dans toutes ces zones saumâtres, la diversité de la végétation

est très grande en fonction des gradients d'humidité et de salinité (groupements d'hélophytes : Roseaux, Massettes, Scirpes, Cladium, Rubanier (*Sparganium*), groupements à Carex, à Joncs, à Choin (*Schoenus nigricans*), prairies humides à Orchidées, etc.).

c) Les zones humides de bordure.

Les berges des eaux courantes correspondent à la zone de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. La largeur de cette zone est généralement très faible et seules quelques espèces végétales peuvent coloniser ces berges. La répartition des Bryophytes, végétaux souvent méconnus, répond aux variations de niveaux, aux caractéristiques du substrat et aux caractères physico-chimiques des eaux. Ainsi en Bretagne Occidentale, une Hypnacée, *Hycomium armoricum*, constitue, au niveau du balancement des eaux, un groupement caractéristique des eaux acides, peu minéralisées, à faible teneur en calcium et à alcalinité faible ou nulle.

L'inventaire de ces zones humides de bordure est plus aisé à réaliser lors de l'étude des rivières.

Les bordures d'étangs. Nous avons regroupé dans ce type les différents plans d'eau quelle que soit leur superficie (étangs ou mares), leur profondeur, leur origine (naturelle ou artificielle).

La richesse et la diversité de la végétation des berges d'étangs sont très grandes et dépendent entre autres de la date de création du plan d'eau, de la nature de ses rives, des caractéristiques physico-chimiques des eaux, des variations de niveau... On distingue habituellement la zone des plantes aquatiques (Nénuphar, Myriophylle, Renoncule aquatique, Châtaigne d'eau, Renouée aquatique...), la zone des hélophytes (Roseaux, Scirpes, Massettes, Prêles...), la zone des amphiphytes (Littorelle, Heloecharis, Scirpe flottant, Millepertuis des marais...), la zone des hygrophyles (Carex, Juncus, Molinie, Agrostis...).

Le nombre considérable d'étangs et de plans d'eau artificiels en Bretagne, nombre qui croît chaque année, impose un classement rigoureux dans l'appréciation de la valeur biologique et écologique de ce type de zone humide. Certains étangs, tels ceux de Lannec en Ploum (56), de Pouliguidou (29), du Moulin-Neuf en Plounerin (22), du Pré en Paimpont (35) présentent des ceintures de végétation fort variées et abritent une avifaune très intéressante. Beaucoup d'autres, souvent d'origine récente, ont pour l'instant peu d'intérêt biologique.

d) Les marais et tourbières.

Les grands marais continentaux tels les marais de Redon, de l'Erde, de Brière méritent, en raison de leur étendue, de leur diversité écologique et des problèmes que pose leur aménagement, des études détaillées. Ces milieux disparaissent progressivement, aussi est-il urgent, si ce n'est pas trop tard, de mieux comprendre leur évolution naturelle. Leur intérêt ornithologique a déjà été mis en évidence à plusieurs reprises.

Les tourbières à Sphaignes, dont l'abondance est une des caractéristiques de la Bretagne, peuvent être classées de manière très diverse d'après leur origine, leur topographie, leur hydrologie ou leur végétation.

Les tourbières bombées. Les tourbières bombées ou ombrogéniques sont alimentées uniquement par les eaux de pluie. Dans ce type de station, les Sphaignes peuvent être totalement émergées ; elles constituent des bombements aux couleurs vives qui tendent à s'assécher de plus en plus en leur centre. Ces tourbières sont généralement étendues et possèdent une épaisseur de tourbe importante. Elles ont très souvent été exploitées.

Les tourbières de ce type sont relativement rares en Bretagne. Elles sont très anciennes et abritent une flore relictuelle d'un grand intérêt. Trois méritent d'être mentionnées : la tourbière de Landemaris en Parigné (35), la tourbière du Vénec en Brennilis (29) et la tourbière de Logné en Sucé (44).

Les tourbières de pente. Les tourbières de pente ou tourbières solénogènes sont alimentées par les eaux de pluie et les eaux de ruissellement. Elles sont aussi dites minérotrophiques car elles reçoivent une nutrition supplémentaire par suintement d'eau. Ces tourbières sont généralement moins étendues que les précédentes, parfois même réduites à quelques centaines de mètres carrés. Très nombreuses en Bretagne, elles s'établissent généralement en bas de versant dans les régions accidentées ou lorsqu'un accident topographique crée une rétention d'eau. L'épaisseur de tourbe est mince, dépassant rarement 50 cm dans les parties les plus basses ; la partie la plus élevée passe insensiblement à la lande tourbeuse, puis à la lande mésophile.

L'apparition et le développement de ces tourbières de pente sont probablement des phénomènes relativement récents ; leur

extension est vraisemblablement en relation avec la disparition progressive de la forêt.

Ces tourbières sont particulièrement fréquentes dans les Monts d'Arrée et, à un degré moindre, dans les autres régions accidentées (Montagnes Noires, landes de Lanvaux, landes du Méné, Massif de Paimpont).

Les tourbières de vallée. Dans le fond des vallées, les tourbières de pente se transforment en tourbière mixte. En effet, sur la bordure, l'accumulation de tourbe reste faible et les Sphaignes sont alimentées par les eaux de ruissellement. Au centre, l'épaisseur de tourbe devient plus importante, souvent de l'ordre de 1 m, et les Sphaignes, émergées en permanence sont exclusivement alimentées par les eaux de pluie. Ce type de tourbière est fréquent en Bretagne, s'étendant sur de vastes étendues, rappelant les tourbières bombées vers lesquelles il évolue.

e) Les prairies, landes et bois humides.

Ces zones humides sont très nombreuses mais couvrent le plus souvent de faibles superficies. De ce fait, elles sont vulnérables et disparaissent à une cadence accélérée par suite de l'extension (et de la mode) des travaux de drainage. Leur recensement systématique n'est guère possible. Il convient néanmoins d'attirer l'attention sur leur intérêt chaque fois que cela est possible. Souvent ces milieux abritent des espèces végétales et animales intéressantes et surtout ils créent une diversité. Pour préserver ces zones, lorsqu'elles le méritent, il est nécessaire de les prendre en compte dans un inventaire plus global de l'espace rural.

Importance pour l'avifaune.

Ces complexes humides correspondent aux différents types de milieux fréquentés par l'avifaune : ce sont soit des zones de nourrissage ou de repos pour les migrateurs, en particulier les hivernants, soit des zones de nidification.

Parmi les milieux humides ayant un intérêt essentiellement comme lieu d'hivernage citons :

- les zones halophiles (par exemple : Golfe du Morbihan, Baie du Mont St-Michel, ancien estuaire de la Vilaine) ;
- les marais sublittoraux (Baie du Mont St-Michel, Brière) et les grands marais continentaux (les marais de Vilaine jouaient avant la réalisation du barrage d'Arzal le rôle de zones d'hivernage que seuls certains secteurs ont aujourd'hui conservé : MAHEO et CONSTANT 1971).

Les groupes ornithologiques concernés sont surtout les Anatidés : présents en petit nombre et en faible diversité sur la plupart des petits plans d'eau bretons (Étude sur l'Avifaune de Bretagne : SEPNEB, 1970) ils caractérisent les grands complexes cités ci-dessus tant par leur abondance que par leur grande diversité, conférant à ces milieux un intérêt écologique de niveau international.

D'une façon générale, les secteurs d'abondance d'Anatidés migrateurs correspondent aux biotopes à la fois vastes et bien pourvus en végétation de lisière.

Les zones humides les plus remarquables sur le plan nidification sont :

1. Les localités de nidification du Héron Cendré. Les plus importantes héronnières correspondent aux grandes zones parsemées ou bordées de bosquets de Saules (Golfe du Morbihan, vallée de la Vilaine, presque de Guérande, Brière, estuaire de la Loire).

MARION (1976) a recensé en Bretagne 8 colonies importantes et quelques couples épars représentant plus de 1500 couples, soit près de la moitié de la population française ;

2. Les localités à Vanneaux, Busard Cendré et Courlis nicheurs : essentiellement du type landes humides et tourbeuses (la nidification serait favorisée par l'entretien périodique fournissant en continu une surface suffisante de landes à Molinie) : Monts d'Arrée, Montagne Noire, quelques localités en région de Quintin, Loudéac, Moncontour et landes de Lanvaux. Les secteurs de nidification semblent se restreindre et diminuer en nombre d'année en année ;

3. Les localités où nichent les Fauvettes aquatiques : très nombreuses, elles correspondent, en plus des grands complexes, à la quasi-totalité des petites roselières et des marais à hélophytes, même de faibles dimensions.

La présence d'une avifaune abondante semble plutôt liée à la superficie du complexe et à des paramètres d'isolement vis-à-vis de toute pression humaine, à partir de potentialités suffisantes du couvert, de nutrition et de nidification. L'avifaune paraît ainsi traduire non seulement les potentialités biocéniques du milieu mais aussi d'autres caractères nouveaux par rapport à la végétation : tranquillité, complexité, étendue du milieu. Elle permet d'affiner la hiérarchisation des zones humides.

2. Inventaire des zones humides de Bretagne.

L'inventaire des zones humides de Bretagne est bien loin d'être réalisé. Dans le cadre de notre étude, 360 zones ont été inventoriées. Pour chacune d'entre-elles, une fiche analytique a été établie, faisant apparaître, entre autres, la nature et l'importance des divers groupements végétaux et les espèces animales et végétales les plus intéressantes.

Les diverses zones humides inventoriées ont été classées en fonction de leur intérêt biocénique et écologique global en quatre catégories : à conserver en priorité (catégorie 1), très intéressante (catégorie 2), d'intérêt moyen (catégorie 3), sans intérêt (catégorie 4).

Leur localisation et leur répartition en fonction des quatre classes d'intérêt retenues est reportée sur la carte générale (annexe 1). Elles se répartissent dans les cinq départements bretons de la façon suivante :

Intérêt	1	2	3	4	Total
Finistère	16	18	33	8	75
Côtes-du-Nord	13	14	35	25	87
Morbihan	10	19	42	5	76
Ile-et-Vilaine	10	8	39	25	81
Loire-Atlantique	9	9	11	1	30
Total	58	68	160	74	360
%	16	18,9	44,5	20,5	(100)

La richesse en localités de premier plan (catégories 1 et 2) décroît de l'Ouest à l'Est et du Sud au Nord. En fait, il y a dans ce groupe prédominance de secteurs littoraux ou sublittoraux ce qui permet de corréler le kilométrage de littoral et la densité de zones de grand intérêt biologique et écologique ; néanmoins, les portions littorales de plateaux rocheux et de falaises comportent souvent peu de zones humides : secteur Est de l'estuaire de la Rance, secteur Ouest de la Baie de St-Brieuc,

plateaux de Morlaix et du Léon... Le littoral Nord apparaît ainsi moins riche en zones humides, s'opposant au littoral Sud où les paysages d'estuaires, de « Loc'h », les dunes et les lagunes ou étangs saumâtres arrière-dunaires alternent de manière diversifiée avec les pointes et estuaires rocheux.

À l'intérieur, on peut signaler par leur richesse (densité de zones humides et stations intéressantes ou à conserver en priorité) les zones de relief accentué des Monts d'Arrée, de l'Est des Montagnes Noires, de la Forêt de Quéénec, de Lorge et du Méné, de Lanvaux et du massif de Paimpont. Mais à l'Est du Massif Armoricaire les zones humides de grande richesse écologique correspondent au contraire à des complexes dépressionnaires largement parcourus de rigoles, canaux et parsemés d'étangs et de marais : dépression des marais et polders de Dol-Châteauneuf, de la jonction Ile-et-Rance, marais de la Vilaine, marais de l'Erdre et de Grand-Brière.

En résumé, la géomorphologie complexe et hétérogène du Massif Armoricaire a provoqué une opposition entre littoral et intérieur, d'une part, et d'autre part, au sein de chaque catégorie une opposition :

- entre le Sud et le Nord pour le littoral,
- entre l'Ouest et l'Est pour l'intérieur.

Dans la catégorie 1 (à conserver en priorité) apparaissent des zones pour lesquelles des mesures de gestion et de protection s'avèrent nécessaires en raison, tant de la diversité de leur végétation en fonction de certains gradients écologiques que de leur intérêt pour l'avifaune. Ce sont :

- d'une part, les grands complexes (Grand-Brière, Marais de l'Erdre, Marais de la Vilaine, Massif de Paimpont, Baie d'Audierne, Yeun Elez et Monts d'Arrée, Mont St-Michel) qui jouent un rôle privilégié tant vis-à-vis de l'avifaune (migrateurs essentiellement) que pour leur diversité de végétation et l'expression en leur sein de gradients écologiques ;

- d'autre part, les complexes de moindre superficie (Marais de Goulven, de Lannec, de Gâvres, de la presqu'île de Rhys, de Marzan, ... et tourbières du Vénec, de Landemais, de Ligné-en-Suc, du Méné, etc.). Parfois, de moindre intérêt pour l'avifaune, ces localités constituent toujours un patrimoine floristique et écologique par ailleurs exceptionnel pour l'Ouest de la France.

Dans la catégorie 2 (zone très intéressante) sont rangées des zones plus restreintes, abritant des espèces rares, en limite d'aire, ou dont la diversité biologique est élevée. Ce sont souvent des zones peu connues, les plus menacées de destruction, pour lesquelles des mesures de protection seraient nécessaires.

Les localités d'intérêt « moyen » (catégorie 3), sans être dépourvues de richesses naturelles, n'apparaissent pas constituer des sites exceptionnels ou caractéristiques du patrimoine naturel breton. La majorité des petits étangs de l'intérieur rentre dans cette catégorie : la plupart comportent des peuplements classiques à hélophytes et grands Carex ou macrophytes aquatiques, groupements à la fois répandus et pauvres en diversité spécifique. La présence de Foules, de Grèbes huppés, d'Anatides en petites populations n'est pas rare, mais ne leur confère pas un haut niveau d'intérêt pour l'avifaune. Dans cette catégorie sont placés également :

- un certain nombre d'estuaires et de lieux humides dont l'intérêt est uniquement dû à l'avifaune qui ne comporte pas de richesses floristiques déterminées (Rivière de Belon, étang

du Relecq-Kerhuon, étang du Pont en Guissény, étangs de St-Renan, Marais de Ploemeur, Marais de l'Île-aux-Pies...),

- des biotopes autrefois intéressants mais que l'exploitation, l'aménagement et la transformation ont contribué à appauvrir et à rendre sans intérêt majeur en leur état actuel : ce sont le plus souvent d'anciennes tourbières et landes tourbeuses aujourd'hui converties en pâtures, prairies... (Tourbières de Cascade, Tourbière de Plouigneau, de Trémaouézan, Marais de Dol, Marais de Sougéal).

Les localités «sans intérêt» (catégorie 4) : leur recensement confirme leur peu de valeur scientifique. Leur modification éventuelle devrait cependant tenir compte de caractères esthétiques et paysagers.

Enfin il faut souligner que cette cotation réalisée de manière globale ne met pas en évidence l'intérêt d'espèces ou de groupements en eux-mêmes mais celui de complexes. De nombreuses stations très restreintes ou des localités d'espèces rares caractéristiques de biotopes humides n'ont pas été incluses dans l'inventaire, il ne s'agissait que de recenser les «principales» zones humides de lièzières.

La proportion de zones humides très intéressantes ou à conserver en priorité atteint 35 % environ du total inventorié sur l'ensemble de la Bretagne. Cette proportion ne paraît pas trop importante car les biotopes de zones humides constituent fréquemment aussi bien des refuges d'espèces disparues ailleurs (zones d'inculture) que des lieux de prédilection pour des espèces rares (nombreuses espèces de tourbières et milieux tourbeux, par exemple : *Drosera rotundifolia*, *Drosera intermedia*, *Oxycoeco palustris*, *Eriophorum angustifolium*, *Pinguicula lusitana*, *Myrica gale*, *Sphagnum medium*...). D'autre part, les zones humides sublittorales comportent certains groupements végétaux considérés comme rares en Bretagne du fait de l'absence générale de substrats calcaires dans l'intérieur : *Cladietum*, *Schoenetum*, groupements du *Caricetum gracilis*, etc.

B) ÉTUDE DES ZONES HUMIDES

Parallèlement à ce travail d'inventaire, des études sectorielles plus précises nous ont permis de préciser pour la plupart des types de zones la nature et la signification écologique des principaux groupements végétaux, les relations entre certains gradients écologiques et la zonation des espèces végétales, la relation entre la répartition des Orthoptères et la végétation.

1. Analyse des groupements végétaux.

Au niveau des formations végétales, l'analyse des zones humides de lièzière a été effectuée sur des critères essentiellement phytocologiques.

Ceci nous a amené à établir une liste des groupements végétaux présents en Bretagne (CLÉMENT et TOUFFET, 1978). Cette liste illustre à la fois la bonne représentation des phytocénoses de zones humides pour l'Ouest de la France et l'absence de certaines caractéristiques continentales (*Filipendulo-cirsietum oleracei* par ex.) ou calcicoles (*Caricion fuscae*).

Des relevés phytosociologiques ont été effectués systématiquement pour un certain nombre d'associations plus caractéristiques : grands héliophytes, tourbières, aulnaies, cariçaes,

de manière à préciser le statut de certains groupements difficiles à classer d'après leur physiognomie ou afin de mieux définir les associations inventoriées dans le cadre phytogéographique du Massif Armoricaire : des tableaux détaillés ont permis de mettre ainsi en évidence des «faciès» (cas du *Typhetum angustifolii-latifoliae*) ou des tendances mésologiques (cas du *Phragmitetum*) ou même des différentielles (*Phragmitetum* à *Phalaris*). Au niveau floristique, les études effectuées précisent la répartition de certaines espèces en Bretagne et les caractéristiques phytogéographiques propres au Massif Armoricaire par rapport aux autres régions de France : cas des *Typha*, des *Sphaignes* (quelque nombre d'espèces aquatiques ou palustres ont une répartition très large sur le plan géographique).

Certains groupements apparaissent très répandus sur l'ensemble du territoire recensé : *phalaridaie*, *phragmitaie*, *typhaie*, associations à *Littorella* et *Heleocharis*..., d'autres semblent au contraire beaucoup plus rares et localisées ; parmi ceux-ci, dont la préservation par une protection accrue et spécifique des milieux concernés s'impose, citons :

- le groupement à *Carex disticha* (faciès du *Caricetum gracilis*), de l'ensemble Gâvres-Erdeven ;
- le groupement à *Cladium mariscus* (*Cladietum mariscet*) - Marais de Lannec, d'Erdeven, Grande-Brière... ;
- le groupement à *Scirpus tabernaemontani* (*Scirpetum tabernaemontani*) - Lague des Sables d'Or, marais de Tréhu, près Pénestin, Marais de Lénizder près Brignogan etc...

Et dans une moindre mesure peut-être :

- le groupement à *Schoenus nigricans* (*Schoenetum nigricantis*).

Tous les groupements pour lesquels nous disposons d'au moins 10 relevés ont été classés en tableau phytosociologique.

Ont ainsi été différenciées de manière détaillée :

- Classe des *Littorelletea* :
Littorelletum lacustris, *Heleocharetum palustris*, *Helodetum Sphagnetum* ;
- Classe des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* :
Sphagno pylaei-Rhynchosporietum albae ;
- Classe des *Phragmitetea* :
Typhetum angustifolii-latifoliae, *Phragmitetum* et s. ass. à *Phalaris*, *Scirpetum maritimi*, *Magnocaricetum paniculatae*, *Caricetum vesicariae* ;
- Classe des *Oxycoeco-Sphagnetetea* : *Erico tetralicis-Sphagnetum magellanicum*, *Erico tetralicis-Sphagnetum acutifolii*, *Sphagno plumulosi-Narthecietum ossifragi* ;
- Classe des *Calluno-Ulicetea* : *Ulici gallii-Ericetum tetralicis*, *Ulici minoris-Ericetum tetralicis*, *Sphagno compacti-Ericetum tetralicis* ;
- Classe des *Alnetea glutinosae* : *Osmundo regalis-Salicetum atrocinerea caricetosum remotae*, *Alneto-Macrophoretum*, *Sphagno palustre-Salicetum atrocinerea*, *Alneto-Sphagnetum* ;
- Classe des *Franguletea* : *Molinio-Myricetum typicum* et *Salicetosum atrocinerea* ;
- Classe des *Molinio-Juncetea* : *Peucedano lancifolii-Juncetum acutiflori*, race à *Viola palustris*, *typicum*, *Filipenduletum ulmariae* et *Sphagnetosum palustre*, *Caro verticillati-Molinietum caeruleae*, race à *Peucedanum lancifolium*

Par ailleurs, seuls des tableaux réduits ont pu être réalisés

actuellement pour les unités suivantes dont le peu de représentation en Bretagne a limité les relevés : *Equisetum limosae*, *Scirpetum lacustris* (nettement caractérisé par ailleurs par l'ensemble des auteurs), *Cladetum marisci* (en régression en de nombreuses localités), *Glycerieto-Sparganium*, *Glycerietum maxinae*, *Apietum nodiflori*, *Schoenetum nigricantis*, *Caricetum gracilis*.

2. Signification écologique de ces groupements.

La Bretagne est caractérisée par une grande diversité climatique liée à sa position géographique et à l'existence de reliefs non négligeables. La présence d'un kilométrage élevé de littoral de géomorphologie très variée, contribue au même titre que les facteurs climatiques à la richesse des milieux humides. On peut ainsi superposer à des gradients phytogéographiques liés au climat, des variations floristiques et phytosociologiques dues au substrat, à l'exposition, à la pente, etc...

La prédominance de substrats siliceux et argilo-siliceux explique la fréquence de la végétation acidiphile et en particulier l'abondance des biotopes à Sphaignes. L'évolution naturelle de ces biotopes apparaît souvent entravée, accélérée ou déviée par des aménagements ou des types d'exploitation divers : pâture (ex : tourbière de Trémaouézan), drainage (ex : plaine de Mazerolles).

La diversité des substrats permet par ailleurs l'existence en Bretagne des unités de végétation caractéristiques des différentes qualités des eaux :

- eaux dystrophes : *Helodeto-Sphagnetum*,
- eaux oligotrophes ou oligodystrophes : *Heleocharettum multicaulis*, *Scirpetum fluitantis*, *Caricetum vesicariae*,
- eaux mésotrophes : *Glycerietum maxinae*, *Magnocaricetum paniculatae*, *Caricetum rostratae*,
- eaux eutrophes et alcalines : *Schoenetum nigricantis*, *Scirpetum pauciflorae*.

Les groupements suivants possèdent au contraire une répartition relativement indépendante de la qualité des eaux : *Littorelletum*, *Heleocharettum*, *Typhetum*, *Scirpetum*, *Phragmitetum* au sens large.

On peut opposer les complexes à sédimentation importante ou à substrat meuble où se développent les grands hélophytes (*Glyceria maxima*, *Scirpus lacustris*, *Typha latifolia*, *Phragmites communis*) aux complexes oligotrophes ou à substrat peu profond dont la série typique est bien illustrée dans les étangs de l'Abbaye de Paimpont ou de Trébédan (Figure 1) et où prédominent les groupements à *Littorella* ou *Elodes*, *Helecharis*, *Carex* et Molinie, avec souvent présence de *Sphaignes*.

Le dynamisme de la végétation peut être approché indirectement par la répartition spatiale des groupements végétaux. Un certain nombre de cartes et de transects permettent d'illustrer les successions végétales en bordures d'étangs ou au sein de marais où les gradients mésologiques sont prononcés.

Les éléments obtenus confirment les données déjà existantes sur les successions de l'hydrosère de manière générale, aussi bien pour les zones halophiles (Marais de Noyal-Séné, THOMMEN, 1977) que pour les étangs (CORILLON, 1971), les marais arrière-littoraux (LEVASSEUR, 1968) et les tourbières et formations apparentées (TOUFFET, 1969).

De nouvelles cartes de végétation constituent des exemples permettant soit de tenter de préciser l'évolution de ceintures

de végétation quand se modifient les caractéristiques hydriques d'un étang (cas de l'étang de Loscouet et de l'étang de Renac), soit de permettre une liaison entre successions de végétation et évolution faunistique : carte du marais tourbeux de Marzan ou de Loscouet.

Les relations dynamiques entre certains groupements sont par ailleurs en cours d'étude ou déjà précisées (cas de l'association à *Rhynchospora alba*, CLÉMENT et TOUFFET, 1978) et des propositions de successions théoriques ont pu être réalisées (HAURY et PICHON, 1977 ; THOMMEN, 1977 ; DANAIS, 1978). De manière générale, les évolutions possibles sont très variées et dépendent à la fois de paramètres hydriques, pédologiques et biotiques (compétition).

3. Relations milieu-végétation.

Les variations de la conductivité, du pH et des caractères chimiques du sol et de l'eau de la nappe superficielle ont été suivies le long de certains transects de végétation.

Dans l'étang oligotrophe de Bazouges-sous-Hédé (CLÉMENT, FORGEARD et GLOAGUEN, 1978), l'opposition entre la partie de la zone toujours submergée et le reste des ceintures apparaît déjà le long d'une succession végétale classique d'un groupement à *Scirpus fluitans* et *Juncus supinus* à la lande humide à *Erica tetralix*, Molinie et Sphaignes.

Dans l'étang dystrophe à groupements tourbeux de l'Abbaye de Paimpont le passage de l'eau libre aux groupements exondables où les Sphaignes dominent montre une évolution très nette de la qualité des eaux (baisse de l'oxygène dissous, de la température et du taux de sel minéraux). Ces deux exemples caractérisent la plupart des zones de ceinture des étangs armoricains sur substrat siliceux et argilo-siliceux.

L'autre gradient écologique caractéristique constitue la dessalure en fonction de l'éloignement du littoral, qui a été étudiée dans les marais de la Vilaine. La réalisation du barrage d'Arzal a entraîné une évolution rapide, décelable par comparaison avec les travaux antérieurs et permet d'envisager les relations entre évolution du milieu et de la végétation.

La modification du milieu depuis 7 ans a entraîné une dessalure des sols (EDELIN, 1975 ; GAUQUELIN et LE DORE, 1976) ; en quelque sorte le noyau salé « s'enfoncé » et la dessalure est plus importante au bord de la Vilaine et au contact avec les terrains non salés des berges du lit majeur.

Un certain nombre d'espèces ne montrent aucune préférence nette : *Agrostis stolonifera* (= *A. alba*), *Lolium perenne*. Les autres se répartissent en fonction du pH et de l'hydromorphie : *Alopecurus geniculatus* remplace *A. bulbosus* en stations humides, tandis que ce dernier indiquerait une légère halophilie. *Juncus gerardi* et *Triglochin maritimum* subsistent dans les zones halophiles où l'hygrophilie est suffisante. *Trifolium maritimum* et *T. resupinatum*, fréquemment associés, préfèrent un sol bien drainé et sont indifférents au pH. Ils semblent peu halophiles.

Par comparaison avec les travaux de P. DUPONT (1971), on observe :

- une régression d'halophiles en certaines zones (marais de Fégréac, de St-Dolay) : *Glaux maritima*, *Triglochin maritimum*, *Juncus gerardi*, *Glyceria procumbens*, *Hordeum maritimum*, *Spergularia marginata* ;

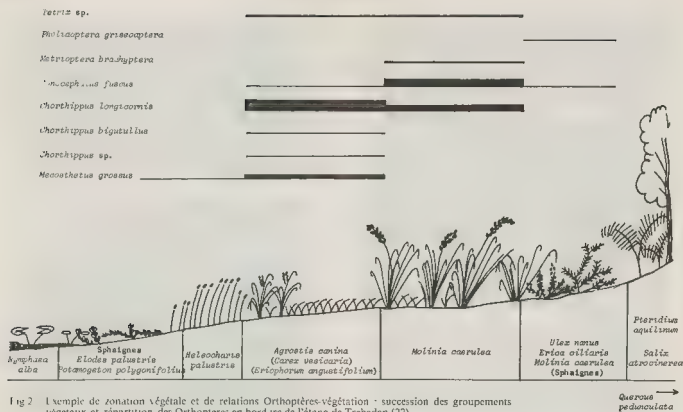


Fig. 2 L'ample de zonation végétale et de relations Orthoptères-végétation : succession des groupements végétaux et répartition des Orthoptères en bordure de l'étang de Trebedan (22)

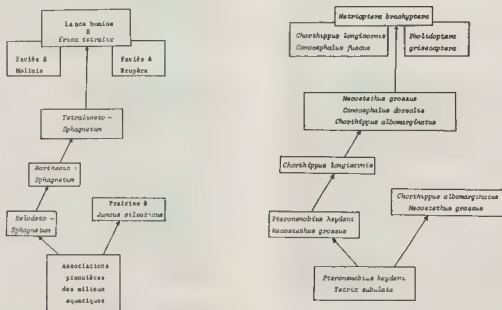


Fig. 3 Dynamisme compare de la végétation et du peuplement orthoptérologique des zones humides du massif de Paimpont (d'après J. TOUFFET, 1970 et A. GUEGUEN, 1976)

- une extension d'hygrophiles non halophiles : *Heleocharis palustris*, *Alopecurus geniculatus*, *Myosotis palustris* ssp. *scorpioides* ;

- une banalisation de la flore : extension de *Lolium perenne*, *Phragmites communis*, *Agrostis alba*.

L'appauvrissement de l'avifaune, consécutive à la réalisation du barrage, est par ailleurs reconnu par les organismes cynégétiques locaux.

4. Relations végétation-Orthoptères.

Les travaux de GUEGUEN (1976) apportent des éléments en particulier sur la population d'Orthoptères des landes humides et ceintures d'étangs (Étangs de Paimpont). La méthodologie du transect au cadre à Orthoptères a été utilisée pour des informations tant quantitatives que qualitatives sur la répartition de plusieurs espèces en fonction des groupements végétaux présents sur les ceintures d'étangs (Étangs de Trébédan (22), de Belouze et de Paimpont (35) sur les zones halophiles (Nostang (56)), sur les marais sublitoraux (Gâvres, Hoedic (56)) et sur un marais tourbeux (Marzan (56)) (Figures 2 et 3).

Ces transects confirment la liaison entre certains Orthoptères et les caractères de la végétation et du milieu :

- certains caractérisent une hygrophilie élevée du milieu (*Conocephalus dorsalis*). Parmi ceux-ci d'autres sont de plus inféodés aux groupements à Sphaignes (*Pteronemobius heydeni* et *Mecostethus grossus*).

- certains caractérisent les milieux mésophiles et mésohygrophiles : *Conocephalus fuscus*, *Chorthippus longicornis*, *Chorthippus albomarginatus*. Ce dernier semble lié à une végétation rase ou « ouverte » ; il se maintient même dans des secteurs xérophiles du point de vue des caractères de la végétation et du substrat, grâce à une atmosphère saturée en permanence (cas de l'île d'Hoedic).

Du point de vue qualitatif, la notion d'« indicateur biologique » semble donc pouvoir être appliquée à certains Orthoptères vis-à-vis de l'hygrophilie, tandis que pour d'autres intervient aussi la structure de végétation. Celle-ci semble pouvoir intervenir également au niveau de l'abondance de certaines populations, comme l'indiquent les données relatives au *Conocephalus dorsalis* dans différents groupements végétaux de l'étang de Loscouët.

4. CONCLUSIONS

Bien qu'ils apportent des éléments nouveaux et intéressants, ces travaux sont loin d'être suffisants pour bien connaître les zones humides de Bretagne. Ils ne constituent qu'une étape préliminaire aussi bien pour l'inventaire que pour la connaissance, et il est absolument nécessaire de poursuivre les études dans plusieurs directions.

Les inventaires qui sont proposés sur le plan national, doivent s'appuyer sur des connaissances scientifiques précises. Trop souvent ils sont réalisés à partir d'enquêtes ou de données bibliographiques non actualisées, souvent reproduites de façon erronée et ne font pas toujours appel aux compétences régionales ou locales.

En ce qui concerne les zones humides de Bretagne, il est nécessaire de préciser la typologie et de poursuivre l'inventaire à partir d'un travail de terrain rigoureux. Celui-ci peut être basé sur l'analyse des groupements végétaux qui sont relativement faciles à déterminer et à observer et qui nous renseignent indirectement sur les caractéristiques globales du milieu (la végétation n'est-elle pas le miroir du milieu ?). Mais il est nécessaire de préciser l'amplitude écologique vis-à-vis des divers facteurs et la valeur indicatrice des groupements et des espèces végétales, qui répondent généralement à des gradients écologiques très nets, par une analyse plus approfondie des caractéristiques du milieu (caractères physico-chimiques des eaux et du substrat, facteurs biotiques et en particulier interventions humaines).

Ainsi, il s'avère que les prairies humides qui sont actuellement extrêmement menacées à la suite de travaux de drainage et d'exploitation intensive sont très mal connues (GLEMEE, 1979). Il serait utile d'en connaître, outre l'intérêt écologique et économique, la diversité et l'évolution consécutives à l'assèchement avant de les voir complètement disparaître.

Parallèlement à ces études descriptives, il est nécessaire de mieux comprendre le fonctionnement et le rôle de ces zones humides si l'on veut en apprécier la valeur biologique et écologique sur des bases scientifiques. Dans ce sens, les études phénologiques concernant les communautés végétales nous montrent comment les différentes espèces se succèdent dans le temps en fonction des variations écologiques et comment cela se répercute sur l'évolution de la biomasse (GLEMEE, 1979 ; BILLIARD, 1979 ; THOMMEN, 1980). Le rôle et l'importance de l'inondation en particulier ont été bien précisés par BILLIARD (1979), qui a montré qu'à côté de l'effet mécanique destructeur, ce phénomène a aussi un effet stimulant sur le développement ultérieur des communautés végétales.

Le développement de la faune et les relations trophiques entre les diverses communautés reposent essentiellement sur l'évolution phénologique de la végétation. Celle-ci se répercute aussi sur la croissance et la productivité des communautés végétales. Certaines espèces telles que les *Typha* (DJBROUNI, 1981) ou les *Carex* (DANAIS, 1981) constituent des producteurs primaires de première importance.

Tous ces éléments de fonctionnement sont tributaires, comme l'ont montré les travaux récents du laboratoire (BILLIARD, 1979 ; THOMMEN, 1980 ; DJEBROUNI, 1981 ; DANAIS, 1981), des facteurs écologiques qui agissent sur la plupart des paramètres de production et sur l'équilibre ou l'évolution des systèmes et qui sont souvent perturbés par l'action de l'homme.

En définitive, beaucoup de connaissances restent à acquérir avant d'apprécier à leur juste valeur l'intérêt biologique, écologique et sans doute économique des zones humides de Bretagne.

Il est souhaitable de voir confier à des organismes de recherche compétents (I.N.R.A., C.N.R.S., Université), parallèlement aux inventaires qui restent trop souvent élémentaires et incomplets, des études sérieuses sur ces écosystèmes de plus en plus agressés par l'homme.

BIBLIOGRAPHIE

- BILLIARD (D.) 1977. — Contribution à l'étude phytocécologique des prairies permanentes : la zone inondable du bassin de la Maine. *Mémoire DEA*, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1977, 85 p.
- BILLIARD (D.) 1979. — Importance de l'inondation dans la différenciation et l'évolution cyclique annuelle des phytocénoses de la zone de confluence Mayenne-Sarthe-Loir. *Thèse de 3^e cycle*, Rennes, 1979, 220 p. + 4 cartes H T.
- CLÉMENT (B.) 1978. — Contribution à l'étude phytocécologique des Monts d'Arree. Organisation et cartographie des biocénoses. Évolution et productivité des landes. *Thèse de 3^e cycle*, Rennes, 1978, 260 p., 3 cartes H.I.
- CLÉMENT (B.) et TOUFFET (J.) 1978. — Le groupement à *Rhynchospora alba* et *Sphagnum platyne* en Bretagne. *Documents phytosociologiques*, 1978, J. Cramer, Vaduz N S. IV, pp. 157-166.
- CLÉMENT (B.) et TOUFFET (J.) 1978. — Contribution à l'étude de la végétation des tourbières de Bretagne : les groupements du *Sphagnum*. *Colloques phytosociologiques VII*, La végétation des sols tourbeux, Lille, 1978, J. Cramer, Vaduz, pp. 17-34.
- CLÉMENT (B.), FORGEARD (F.), GLOAGUEN (J.C.) et TOUFFET (J.) 1979. — Contribution à l'étude de la végétation des Landes de Lanvaux : les forêts et les landes. *Documents phytosociologiques*, 1978, J. Cramer, Vaduz N S. II, pp. 65-87.
- CLÉMENT (B.) et TOUFFET (J.) 1978. — Tableau synoptique des groupements végétaux des zones humides de Bretagne. Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1978, fasc. ronéo., 15 p.
- CLÉMENT (B.), FORGEARD (F.) et GLOAGUEN (J.C.) 1978. — Étude d'un transect effectué à l'étang de Bazouges-sous-Hédé (35), mettant en évidence les relations entre la végétation et certains paramètres écologiques. Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1978, fasc. ronéo., 4 p. + 1 fig.
- CLÉMENT (B.) et TOUFFET (J.) 1980. — Contribution à l'étude des groupements préforestiers issus des tourbières, des prairies marécageuses et des landes méso-hygrophiles de Bretagne. *Colloque phytosociologique, VIII*, «La végétation des lisières forestières», Lille, 1979, J. Cramer, Vaduz, pp. 227-239.
- DANAIS (M.) 1978. — Contribution à l'étude phytocécologique de l'étang de Lascouet. *Mémoire DEA*, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1978, 91 p.
- DANAIS (M.) 1978. — Productivité primaire des communautés végétales des bords d'étangs. Échantillonnage et méthodes d'étude, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1978, fasc. ronéo., 23 p.
- DANAIS (M.) 1981. — Contribution à l'étude écologique d'une population de *Carex vesicaria* : dynamique, phénologie, productivité. *Thèse de 3^e cycle*, Rennes, 1981, 167 p.
- DJEBROUNI (M.) 1981. — Contribution à l'étude des écosystèmes des zones submergées. Structure et productivité des populations de *Typha* sous climat atlantique et méditerranéen. *Thèse de 3^e cycle*, Alger, 1981, 198 p. + 25 p. annexe.
- GLEMEE-DRON (M.T.) 1979. — La végétation des prairies humides de Bretagne. Esquisse phytosociologique. Productivité, phénologie et structure d'une prairie de Basse-Bretagne. *Thèse de 3^e cycle*, Rennes, 1979, 104 p.
- GUEGUEN (A.) 1976. — Recherches écologiques sur les Orthoptères des zones d'inculture de basse altitude. *Thèse de 3^e cycle*, Rennes, 1976, 176 p.
- GUEGUEN (A.), LEFEUVRE (J.C.) et TOUFFET (J.) 1977. — Dynamisme de la végétation et évolution des peuplements orthoptérologiques en zones d'inculture. *Comm. 96^e Congrès A.F.A.S.*, Rennes 1977 publié en *Botanica Rhedonica*, série A, n°15, pp. 43-49.
- HAURY (J.) et PICHON (B.) 1977. — Contribution à l'étude des zones humides de Bretagne. *Mémoire DEA*, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1977, 165 p.
- HAURY (J.) et PICHON (B.) 1977. — Étude des zones humides de Bretagne. Un exemple concret : l'étang de St-Julien à Renac (35). Laboratoires d'écologie végétale, Université de Rennes, 1977, fasc. ronéo., 9 p.
- HAURY (J.) et PICHON (B.) 1977. — Étude des zones humides de Bretagne. Un exemple de conséquences de l'aménagement d'une zone humide : les marais de la Vilaine, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1977, fasc. ronéo., 17 p.
- HAURY (J.) et PICHON (B.) 1977. — Définition, classification et localisation des principales zones humides de Bretagne. Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1977, fasc. ronéo., 41 p. + 3 cartes.
- LECOINTE (A.), SCHUMACKER (R.) et TOUFFET (J.) 1979. — Répartition et écologie de *Hyocicum armoricum*. *Rev. Bryol.*, 1979 (à paraître).
- MARION (L.) 1976. — Contribution à l'écologie des populations de Hérons cendrés, *Ardea cinerea* L. en Bretagne. *Mémoire DEA*, Laboratoire de zoologie et d'écologie, Université de Rennes, 1976, 108 p.
- ROZE (F.), CLÉMENT (B.) et TOUFFET (J.) 1980. — Notice explicative de la carte des groupements végétaux de Brière, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1980, fasc. ronéo., 19 p. + une carte au 1/25000.
- SCHUMACKER (R.), LECOINTE (A.), TOUFFET (J.) 1981. — *Hyocicum armoricum* (Brid.) Wijk et Marg. en Belgique et dans le Nord-Ouest de la France (Ardenne, Bretagne, Normandie). Étude chorologique, écologique et phytosociologique. *Cryptogamie. Bryol. Lichénol.*, 2, 1981, pp. 277-321.
- THOMMEN (P.) 1977. — Le Golfe du Morbihan. Généralités, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1977, fasc. ronéo., 21 p.
- THOMMEN (P.) 1977. — La végétation halophile du Golfe du Morbihan. *Mémoire DEA*, Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes, 1977, 70 p.
- THOMMEN (P.), 1980. — La végétation halophile du Golfe du Morbihan. Description générale et éléments de fonctionnement de la haute slikke. *Thèse de 3^e cycle*, Rennes, 1980, 159 p., 1 carte H T.
- TOUFFET (J.) 1978. — Définition, inventaire et étude des principales zones humides de Bretagne. Rapport scientifique de fin de contrat. Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, 1 fasc. ronéo., 11 p.
- TOUFFET (J.) 1979. — Les tourbières. *Penn ar Bed*, 12, 1979, pp. 153-160.
- TOUFFET (J.) 1979. — Les zones humides de Bretagne. *Penn ar Bed*, 12, 1979, pp. 192-198.
- TOUFFET (J.) 1979. — Les tourbières à Sphaignes de Bretagne. *Penn ar Bed*, 12, 1979, pp. 169-176.

STRUCTURE ET PEUPELEMENTS DES RIVES D'ÉTANGS TEMPORAIRES EN BASSE CAMARGUE

par J.J. CORRE⁽¹⁾, L. BIGOT⁽²⁾, G. BILLES⁽³⁾, N. BOUAB⁽¹⁾, E. COULET⁽⁴⁾
G. GAUTIER⁽²⁾, P. HEURTEAUX⁽⁵⁾, D. PONT⁽⁵⁾ et S. SKEFFINGTON⁽¹⁾

RÉSUMÉ

Les étangs littoraux temporaires du sud de la Camargue, dont celui du Boulin par exemple, constituent avec leurs berges des systèmes écologiques complexes caractérisés par la manière dont se répartissent et évoluent les peuplements animaux et végétaux qui y vivent. A l'origine de la structure qui découle de cette répartition se trouvent : les rythmes saisonniers du niveau des eaux, les relations d'échange avec les étangs permanents, ainsi qu'entre la nappe aquifère et les eaux de surface, l'action des vents dominants, le rôle joué par la végétation phanérogame des berges sur le déplacement et l'accumulation des débris organiques ou minéraux en suspension dans l'eau.

La diversification des milieux qui résulte du fonctionnement de ces ensembles pourrait être un des facteurs qui contribuent à la richesse biologique de la Camargue.

SUMMARY

The temporary littoral ponds in the South of the Camargue whom «étang du Boulin» is an example constitute with their banks some ecological systems characterized by the pattern of distribution and evolution of their plant and animal communities. The origin of the structure which follows from this pattern is : the seasonal rhythms of water level, the exchange between permanent ponds or between surface and groundwater, the action of prevailing winds, the part played by the phanerogamic plants upon the shifting and the accumulation of mineral and organic debris hanging in water.

The biotops diversity which result of the functioning of these ensembles should may be one of the factors which contribute to the biological richness of the Camargue.

INTRODUCTION

Il y a plusieurs manières d'aborder l'étude des relations entre les êtres vivants et leur milieu. On peut chercher à définir les paramètres de la «niche écologique» d'une population ou les conditions qui président à la constitution de peuplements ou de communautés. On peut aussi chercher à déterminer le rôle joué par une région, défini selon des critères géographiques dans le fonctionnement de peuplements ou de communautés. C'est dans cet état d'esprit que nous avons abordé l'étude des rives des étangs temporaires de Basse-Camargue.

En raison des importantes fluctuations de niveau, la notion de rive y est particulièrement ambiguë. En été, lorsque les étangs s'assèchent, elle perd tout sens, en hiver lorsque la submersion est générale, il en est de même. En dehors de ces extrêmes, le tracé reste fluctuant, le vent pouvant se charger de

modifier en quelques heures le tracé des rives selon la direction d'où il souffle. Il n'en demeure pas moins que l'examen sur le terrain de la topographie et de la végétation phanérogame révèle l'existence d'une zone de transition entre le milieu le plus souvent immergé : l'étang et celui le plus souvent émergé : les enganes (1). A partir de cette constatation, on peut se poser plusieurs questions :

Quel est, vers l'étang, le seul qui marque la limite d'influence des milieux terrestres ?

Quel est, dans les enganes, le seul qui marque la limite d'influence de l'étang ?

La bande de terrain que délimitent ces seuils présente-t-elle suffisamment de caractères originaux pour être individualisée ? Quel est son rôle dans le fonctionnement des communautés qui exploitent la Basse-Camargue entre le Vaccarès et la mer ?

Pour que la réponse soit précise, le plus grand nombre possible de communautés doit être envisagé. Nous avons pour cela choisi de prendre en compte l'activité des microorganismes du sol, les communautés d'invertébrés benthiques et

(1) Laboratoire de Systematique et d'Ecologie méditerranéennes Institut de Botanique, Rue Auguste Broussonnet - 34000 MONTPELLIER

(2) Laboratoire de Biologie animale (Ecologie), Faculté des Sciences de St-Jérôme, rue Henri Poincaré - 13397 MARSEILLE Cedex 11

(3) C.E.P.E. Louis Emberger, B.P. 5051 - 34033 MONTPELLIER Cedex.

(4) Réserve nationale de Camargue - La Capelière - 13250 LE SAMBUC.

(5) Centre d'Ecologie de Camargue - 13250 LE SAMBUC

(1) engane : désigne ici une formation végétale dominée par des espèces du genre *Salicornia* ou *Arthrocnemum*. Lorsque la végétation est clairsemée, on lui préfère le terme de «samouire».

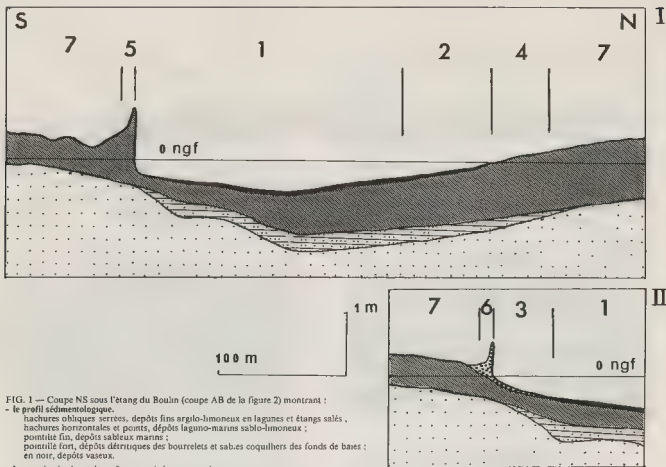


FIG. 1 — Coupe NS sous l'étang du Boulin (coupe AB de la figure 2) montrant :

- le profil sédimentologique.

- hachures obliques serrées, dépôts fins argilo-limoneux en lagunes et étangs salés ;
- hachures horizontales et points, dépôts laguno-marins sablo-limoneux ;
- pointille fin, dépôts sableux marins ;
- pointille fort, dépôts détritiques des bourrelets et sables coquilliers des fonds de bacs ;
- en noir, dépôts vaseux.

- la zonation horizontale en fonction de la topographie

1. zone profonde de l'étang, de $-0,20$ à $0,45$ m NGF, à fond vaseux, sans macrophytes fixés.
2. zone de bordure dans l'étang de $-0,20$ m à la cote zéro, à fond vaseux et à végétation éparsée de *Salicornia radicans* et *Arthrocnemum glaucum* à port érigé
3. zone de bordure dans les bacs de la rive sud, de $-0,30$ ou $-0,20$ m à la cote zéro, au fond riche en sable coquillier dans une matrice vaseuse
4. côte plate, généralement exondée, de la cote zéro à $+0,20$ m NGF, faisant suite sans transition à la zone 2, avec une végétation assez dense de *S. radicans* et *A. glaucum* à port érigé
5. côte à falaise entaillée dans l'assise lagunaire, pouvant atteindre la cote $+1$ m
6. côte à bourrelet détritique, au fond des bacs, pouvant atteindre plusieurs décimètres de haut
7. engaines à *Salicornia frutesca* de $+0,20$ à $+0,40$ m NGF.

planctoniques, les Insectes et les Araignées ripicoles, l'avifaune, les végétaux phanérogamiques. La disponibilité des chercheurs et des moyens est un contrainte qui justifie en grande partie les choix effectués. Les paramètres du milieu les plus influents sont liés aux fluctuations du niveau et de la salinité des eaux tant en surface que dans la nappe aquifère ; aussi, au préalable, nous avons entrepris une caractérisation géomorphologique, géologique, pédologique et du fonctionnement hydrique du système.

La station d'étude devait présenter un certain nombre de garanties : une certaine stabilité des interventions humaines, une bonne représentativité, la possibilité d'étudier des peuplements, pour lesquelles la notion d'échelle de l'espace est extrêmement différente.

Notre choix s'est en définitive porté sur l'étang du Boulin ($42^{\circ}28'$ lat. N et $4^{\circ}33'$ long. E) entre le Vaccarès et la digue à la mer. Il est situé dans la Réserve nationale de Camargue protégée depuis plus de 50 ans, dans un environnement connu par les membres de l'équipe participante depuis de nombreuses années, ce qui a permis de s'affranchir des inventaires généraux préalables. Il appartient à un ensemble d'étangs suffisamment homogènes par leur physionomie et l'allure générale de leur fonctionnement pour en être considéré comme représentatif. Par sa superficie, il est suffisamment vaste (60 ha) pour permettre un échantillonnage des communautés d'oiseaux et présente des rives suffisamment homogènes pour ne pas imposer une multiplication trop importante des zones à échantillonner pour l'étude des peuplements d'invertébrés ou de végétaux.

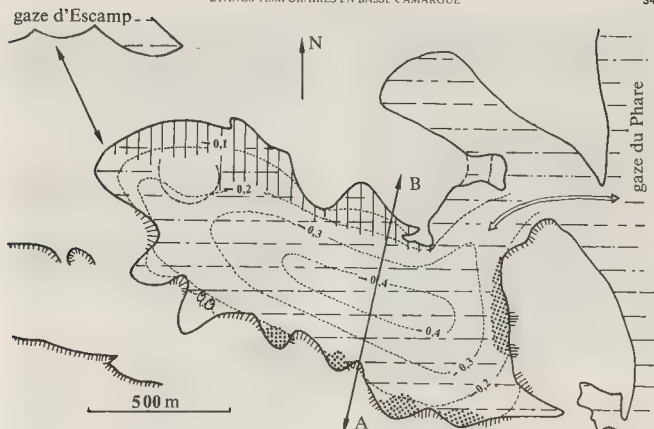


FIG 2.— L'étang du Boulon, configuration, bathymétrie et nature des berges : caps à fusées (hachures), bars avec dépôts sableux (en pointillés), côtes basses à dépôts vaseux (hachures verticales)

1. MILIEU PHYSIQUE, BIOLOGIE DES SOLS

1.1. Aspects géomorphologiques et géologiques du site d'étude.

Au sud du Vaccarès, s'étend un vaste territoire composé d'une mosaïque d'étangs et de terrains bas, halomorphes et amphibies, appelés «radeaux», «sansouïres» ou «enganes».

Ce territoire a un passé récent. Il résulte de l'avancée en mer de promontoires deltaïques rhodaniens et de l'édification d'une succession de cordons littoraux tour à tour annexés au continent et derrière lesquels ont évolué des lagunes qui, de moins en moins ouvertes sur la mer, se sont transformées en étangs saumâtres.

Les sédiments de surface sont des dépôts en lagunes et en étangs salés. Ils constituent une assise où dominent les limons et les argiles, d'épaisseur irrégulière mais toujours faible (de quelques dm à un mètre), surmontant des sables déposés en milieu marin (fig. 1).

La topographie originelle de l'assise superficielle a conditionné la répartition des étangs actuels qui ont remanié les zones déprimées, et des terres «hautes» qui, dominées par l'omniprésence du sel, ont évolué en sols sodiques du type solontchak.

Les étangs de Basse Camargue, dits «Etangs inférieurs du Vaccarès», avec lequel ils communiquent, sont des plans d'eau peu profonds, à niveau variable, soumis à l'action antagoniste des précipitations et de l'évaporation. En période de hautes eaux, ils forment un réseau de bassins reliés entre eux par des chenaux naturels appelés «gazes», dont la cote est rarement supérieure à — 0,20 m NGF. Ces gazes ont tendance à s'assécher en période de basses eaux et les différents étangs évoluent alors plus indépendamment les uns des autres.

L'étang du Boulon fait partie du système des étangs inférieurs du Vaccarès. C'est un plan d'eau de quelques 60 hectares, s'étendant sur environ 1 500 m d'est en ouest et sur 500 m du nord au sud. Il est très peu profond, sa cote la plus basse se situe à — 0,45 m NGF. La pente du fond est faible, au plus égale à 1‰. Sa capacité à la cote zéro est de l'ordre de 200 000 mètres cubes. Il se situe au SW du système d'étangs

Lion-Dame avec lequel il communique par les gazes du Phare et du Marteau. A l'ouest, il est en relation avec le système Malagroy-Imperial par l'intermédiaire de la Gaze d'Escamp, mais cette liaison n'a lieu qu'en période de très hautes eaux quand la gaze envahit les terrains bas qui la séparent du Boulou.

Comme les autres étangs de la Basse-Camargue, le Boulou a profondément remanié sa cuvette originelle, ce qui a eu pour conséquences un remodelage des berges et une redistribution spatiale des matériaux dispersés dans l'eau. Au sud et à l'est, les vagues ont entaillé une ride alluviale exposée au mistral en une succession de petits caps à falaises (de quelques dm à un mètre de hauteur) et de petites baies sur la rive desquelles se sont accumulés des apports détritiques grossiers végétaux (débris de salicornes, *Chaetomorpha linum*) et coquilliers essentiellement *Cerastoderma (Cardium) edule*, qui ont édifié des bourrelets de quelques dm de hauteur. Le fond des baies est riche en sable coquillier pris dans une matrice vaseuse. Les côtes nord et ouest sont basses et en pente douce, il n'y a pas de transition marquée entre la partie généralement inondée (étang) et la partie généralement exondée (plage). Elles sont colonisées par une végétation plus ou moins dense de salicornes et sont situées « sous le vent » par rapport au mistral. Ces deux caractéristiques en font des zones de calme relatif où les eaux abandonnent les matériaux les plus fins, organiques et minéraux, qu'elles transportent. De même, dans les parties profondes de l'étang les dépôts superficiels sont de type vaseux (Figures 2 et 3).

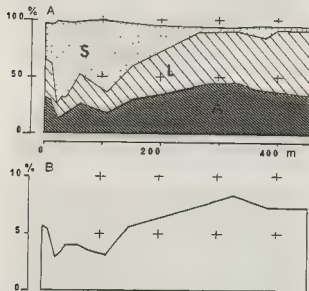


FIG. 3.— Variation de la composition granulométrique des éléments minéraux (A) et de la teneur en matière organique (B), dans les 5 premiers cm du fond de l'étang du Boulou, suivant un transect SSE-NNW, allant du fond d'une baie au sud à une côte basse au nord. S = sables. L = limons, A = argiles.

On remarque :

- 1) la tendance sableuse au fond des baies et la tendance limono-argileuse au centre et au nord.
- 2) l'augmentation de la matière organique du sud vers le nord de l'étang.

Le matériau constitutif des dépôts vaseux est arraché aux rives par érosion ou au fond de l'étang par brassage éolien de l'eau ; il peut aussi provenir en partie des apports terrigènes au Vaccarès par les canaux de drainage. La « production » de vase et l'épaisseur des dépôts dans l'étang sont variables dans le temps ; ils sont favorisés par l'absence d'assèchement estival pendant une ou plusieurs années consécutives.

1.2. Aperçu hydrologique de l'étang du Boulou.

Au plus profond de la cuvette, la hauteur d'eau dans le Boulou peut varier de quelque 80 cm suivant les saisons. L'étang peut s'assécher l'été (1976, 1979), et atteindre des cotes élevées au moment des fortes pluies (+ 0,35 m NGF en 1978) (Figure 4A).

Les variations de salinité suivent en sens inverse les variations des niveaux, mais la corrélation inverse niveau-salinité montre que les phénomènes de dilution (pluies) et de concentrations (évaporation) ne sont pas seuls en cause (Figure 4B).

D'autres facteurs interviennent, qui ont tendance à « tamponner » les variations de salinité :

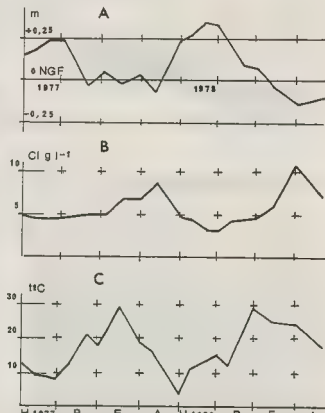


FIG. 4.— Evolution saisonnière des niveaux d'eau (A), de la salinité (B) et de la température (C), dans l'étang du Boulou en 1977 et 1978, années où il n'y a pas eu d'assèchement total (P, E, A, H = saisons).

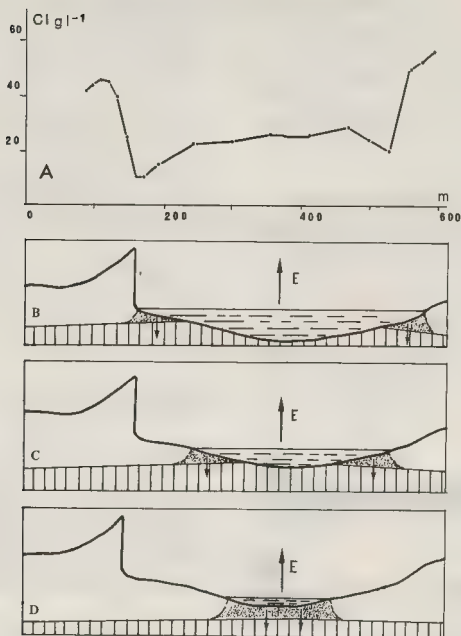


FIG. 5.— Assèchement de l'étang du Boulon par action conjointe de l'évaporation et de l'infiltration.

Les variations spatiales de la salinité au toit de la nappe aquifère sous l'étang à sec, révèlent une plus forte concentration au centre que près des rives (A-10 août 1979). Ce phénomène peut s'expliquer par la descente progressive des eaux souterraines au cours de l'été, ce qui accroît l'infiltration sous l'étang au fur et à mesure que l'eau s'y concentre par évaporation. Ce processus est illustré sur les schémas B, C et D où la nappe originelle est représentée par des hachures verticales, les eaux d'infiltration qui alimentent cette nappe, par un gris, l'évaporation par des flèches blanches et l'infiltration par des flèches noires.

TABLEAU I
Composition ionique moyenne en *mé* par litre, de l'eau du Boulon en 1977 et 1978,
comparée à celle du Vaccarès en 1978.

	Ca++	Mg++	Na+	K+	HCO ³⁻	Cl-	SO ⁴⁻
Boulon 1977	8,4	27,0	140,6	3,1	3,6	157,3	16,4
Boulon 1978	7,5	25,0	128,3	2,8	4,3	146,7	14,5
Vaccarès 1978	4,8	14,5	62	2	3,0	69	8

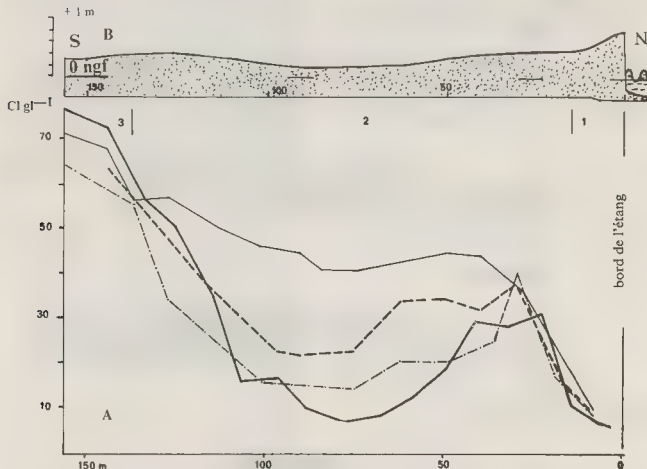


FIG 6 — Évolution saisonnière de la salinité des eaux souterraines des terrains situés au sud de l'étang du Boulon (A)

On distingue 3 zones en rapport avec la topographie (B).

1) en bordure immédiate de l'étang, sous la côte à falaise, une zone influencée par les infiltrations latérales de l'étang.

2) en arrière de la côte à falaise, une zone où les pluies ou les débordements de l'étang provoquent en hiver un dessalement de la nappe aquifère. Ce dessalement tend à disparaître au cours de l'été.

3) une zone où la saumure de la nappe reste élevée toute l'année.

trait plein épais, chlorosité de la nappe le 29 VII 1978

trait point-tiré, situation le 10 IV 1979

trait tiré, situation le 20 VI 1979

trait plein fin, situation le 06 VII 1979

- les vents dominants (mistral et marin de sud-est) font basculer les plans d'eau et créent des différences de charge entre les étangs plus ou moins salés qui échangent leurs eaux par l'intermédiaire des gazes qui les relient. C'est par ces transferts d'eau que les étangs du sud de la Camargue subissent l'influence des apports rhodaniens au Vaccarès et que, réciproquement, l'effet adoucissant de ces apports est atténué dans le Vaccarès

- Les apports de sel aux étangs par la nappe aquifère sous-jacente salée et par les eaux de ruissellement, limitent la baisse de la salinité en période de hautes eaux et corrigent l'effet des apports rhodaniens sur la composition ionique de l'eau des étangs inférieurs du Vaccarès (Tableau 1).

- en période d'assèchement, la baisse de niveau résulte de l'action conjointe de l'évaporation et de l'infiltration sous l'étang. Les pertes par infiltration concernent aussi bien le sel que l'eau, ce qui limite la concentration saline dans l'étang et empêche l'effet marais salant de se produire. En juillet 1979, la dernière flaque d'eau dans le Boulin ne titrait que 54 g/l de sels totaux (Figure 5).

Malgré ces actions tampons, du fait des faibles masses d'eau mises en jeu, l'étang du Boulin a une tendance à l'euryhalinité plus marquée que certains autres étangs camarguais. Pour la même raison, il est fortement eurytherme, tant à l'échelle de l'année (Figure 4c), que de la journée

1.3. Influence de l'étang du Boulin sur la nappe aquifère contiguë.

Tout comme les eaux de surface, les eaux souterraines camarguaises sont soumises à des variations saisonnières de niveau en relation avec l'antagonisme précipitation-évaporation. En outre, leur niveau dépend de la charge qu'exercent sur elles, le fleuve, la mer et les plans d'eau libre.

En Basse-Camargue, le battement de la nappe aquifère est faible, de l'ordre du mètre, entre les cotes extrêmes — 0,70 m et + 0,30 m NGF, à la latitude de la rive sud du Boulin.

Le niveau de l'étang influe sur celui de la nappe contiguë, mais cette influence s'exerce plus par le jeu des pressions dans l'aquifère que par une alimentation directe. Ainsi, comme le montre la figure 6, le dessalement imputable aux infiltrations latérales de l'étang est déjà atténué à deux mètres du bord sur la rive de l'étang. Par contre, le 20 août 1979, en absence de toute pluie mais par fort mistral, une remise en eau brutale de l'étang à sec depuis un mois, par intrusion d'eau de l'étang du Lion, provoque une importante élévation du niveau piézométrique encore perceptible à plus de 140 mètres du bord (Figure 7D).

Ces brusques variations de niveau sous les terres en bordure des étangs de Basse Camargue, induites par l'action du vent, influencent largement l'hydrodynamique souterraine dans la zone saturée, mais également dans la zone d'aération du sol. Les variations de pression qu'elles provoquent dans l'aquifère se répercutent sur la frange capillaire et l'état hydrique du sol.

1.4. Les sols en bordure de la rive sud de l'étang du Boulin

1.4.1. Caractéristiques hydriques et salines.

L'état hydrique et salin de ces sols alluviaux peu évolués dépend de plusieurs facteurs :

- la salinité (et ses variations saisonnières) de la nappe aquifère,
- la profondeur de la nappe sous le niveau du sol, en relation avec la topographie et les variations saisonnières du niveau piézométrique,
- la texture du matériau sédimentaire qui intervient dans l'ascension des solutions du sol,
- l'importance du couvert végétal ou de la litière, par effet de mulch.

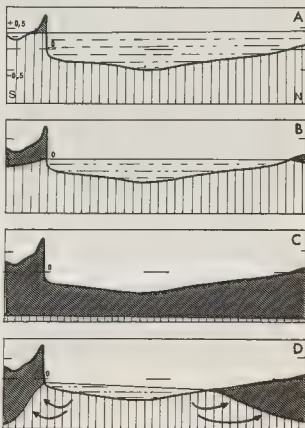


FIG. 7. Rapports de l'étang du Boulin avec la nappe aquifère sous-jacente et contiguë.

A. Situation en période de très hautes eaux : l'étang déborde sur les engans, seules les parties hautes (falaises, bourrelets, monticules) émergent (janvier 1978).

B. Situation pour un niveau moyen de l'étang (fin juin 1979).

C. Situation après 20 jours d'assèchement total (10 août 1979).

D. Situation après une brutale remise en eau sous l'effet du mistral, en absence de pluie (20 août 1979). On remarque une forte mise en pression de la nappe au contact immédiat de l'étang.

En gris, la zone d'aération du sol.

En hachures verticales, la nappe aquifère

Deux situations peuvent se présenter en bordure immédiate de l'étang du Boulin :

a) *Terres «hautes»* des côtes à falaises et des bourrelets détritiques

Les infiltrations latérales de l'étang y adoucissent la nappe en permanence. La salinité des eaux souterraines est voisine de 20 g/l^{-1} . Le niveau piézométrique est relativement éloigné de la surface du sol (entre 1,50 m l'été et 0,50 m l'hiver sous les

falaises les plus hautes). Les vaguelettes et les embruns provoqués par le vent interviennent *per descendunt* sur l'état hydrique et la salinité du sol en surface. La texture est relativement moins fine que sous les terrains bas, mais la richesse en matière organique hygrophile et l'effet de mulch du tapis végétal assurant, dans la plupart des cas, le maintien de taux d'humidité élevés sur tout le profil. La salinité de la solution du sol dans les dix premiers cm du sol est comprise dans une fourchette allant de 20 à 80 g/l^{-1} suivant la saison (Figure 8).

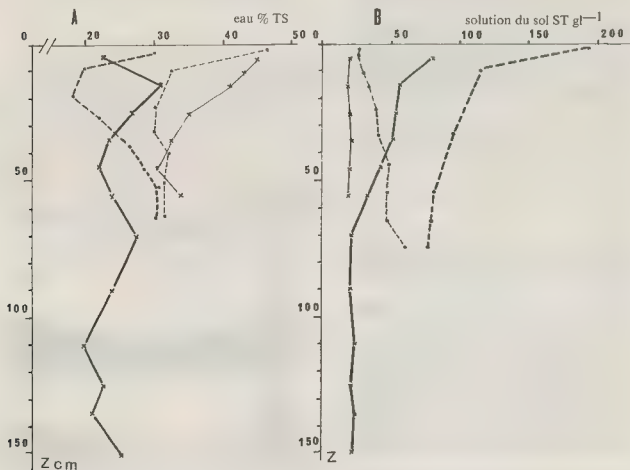


FIG. 8. — Teneurs pondérales en eau (A) et salinité de la solution du sol, (B), sous deux sols de la rive de l'étang du Boulin, pour des valeurs extrêmes du niveau piézométrique.

Sol sous une côte à falaise sur un cap

trait plein fin, situation en période de hautes eaux

trait plein épais, situation en période de basses eaux

Sol sous engane

trait tireté fin, situation en période de hautes eaux (enganes noyées, niveau piézométrique au-dessus du niveau du sol)

trait tireté épais, situation en période de basses eaux

b) Côtes basses de l'étang et enganes.

La nappe aquifère y est toujours proche de la surface du sol (le niveau piézométrique qui atteint -0,60 m en été peut dépasser le niveau du sol en hiver). Elle subit des fluctuations saisonnières de salinité. Elle est adoucie par les pluies ou par les eaux de submersion en hiver, atteignant une vingtaine de grammes de sels totaux par litre. Cet adoucissement ne concerne que la partie supérieure de la nappe et, sous l'action de l'évaporation et de l'évapotranspiration, la salinité des eaux souterraines atteint en été 75 à 80 g l⁻¹. L'effet de mulch de la couverture végétale moins dense est moins bon que dans le cas précédent, mais la texture nettement argilo-limoneuse, la forte teneur en matières organiques dans l'horizon superficiel et la faible profondeur de la nappe aquifère, assurent le maintien d'un taux d'humidité élevé sur tout le profil en toute saison. La salinité de la solution du sol dans les dix premiers cm, évolue dans une large fourchette allant de quelque 20 g l⁻¹ en hiver à 120-150 g l⁻¹ en été (Figure 8).

1.4.2. Activité biologique.

L'étude entreprise en 1978 et 1979 avait pour but de comparer l'activité biologique des sols répartis sur un transect partant du bourrelet de la rive sud de l'étang du Boulm et, s'étendant sur une zone d'enganes. L'activité a été estimée en mesurant, d'une part, la respiration des sols, et d'autre part, les teneurs en azote minéral *in situ* et la potentialité minéralisatrice des composés azotés *in vitro*. La respiration du sol correspond au dégagement de CO₂ d'une unité de surface pendant un temps déterminé. Il provient de la respiration de l'appareil racinaire des végétaux et de la microflore. Les teneurs en azote minéral *in situ* sont la résultante, à un instant donné, du bilan entre la minéralisation des composés azotés et les pertes d'azote minéral dues à sa consommation (plantes et microorganismes) et à son élimination du milieu (lessivage et volatilisation).

L'activité des sols de Basse-Camargue, qu'ils soient situés sur la rive ou éloignés des étangs, dépend de leur humidité (aération) et de leur salinité. Ces facteurs dépendent eux-mêmes de la situation topographique des sols et des conditions saisonnières.

Ainsi, les sols des côtes basses et des enganes peuvent être sous l'eau et mal aérés en hiver, le manque d'oxygène se traduit par une faible minéralisation de la matière organique. En été, l'aération est normale dans les horizons de surface, mais l'intense évaporation y induit une augmentation de la

salinité. Or, les fortes salures affectent peu la minéralisation des composés carbonés mais réduisent considérablement la minéralisation des composés azotés, effet inhibiteur qui se traduit par une faible production d'azote minéral et, pratiquement, par l'arrêt de la nitrification (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970 ; HELWANI, 1971). En dehors de ces deux situations saisonnières extrêmes, l'activité des sols dépendra de l'équilibre entre le niveau de la nappe et de l'évaporation.

Les variations saisonnières obtenues correspondent aux variations déjà observées dans ces milieux halomorphes.

Les plus forts dégagements de CO₂ se situent au printemps. Ils sont quatre fois supérieurs à ceux observés au début de l'hiver. Les valeurs obtenues le long du transect se situent au printemps entre 100 et 350 mg de CO₂ par m² et par heure, en automne entre 33 et 120. Les teneurs maximales d'azote minéral *in situ*, s'observent durant la période estivale, les teneurs minimales se situent au mois de mai et en automne. Si on considère la proportion des deux formes d'azote minéral, on remarque que le taux des nitrates est le plus élevé au mois de mai et le plus bas en été.

Apparemment la dynamique de minéralisation des composés azotés paraît en contradiction avec celle des composés carbonés. Mais il faut tenir compte du fait que les teneurs en azote minéral *in situ* ne sont pas uniquement un indice de minéralisation, elles traduisent aussi sa consommation. Au printemps, les plantes et les microorganismes sont les plus exigeants en azote, donc la consommation d'azote minéral est très proche de la production. Si on se réfère aux incubations *in vitro*, on remarque que les plus fortes minéralisations sont obtenues à cette période. Les taux de minéralisation au mois de mai sont 3 à 4 fois supérieurs à ceux mesurés en été ou en automne. L'accumulation d'azote en été correspond à l'absence de lessivage (période sèche) et à la diminution de l'absorption racinaire et non à une augmentation de l'activité minéralisatrice qui se traduirait aussi par une augmentation de la respiration. Les faibles taux de nitrification notés à cette période, dus à la forte salinité, indiquent aussi la baisse de l'activité.

Si dans l'ensemble, les différents points du transect présentent des dynamiques saisonnières assez concordantes, l'intensité des phénomènes mesurés est très différente et montre une certaine ségrégation des sites.

Les sols développés sur les bourrelets présentent, quelle que soit la période d'observation, les plus fortes teneurs en CO₂ (tableau II). Il en est de même en ce qui concerne les teneurs en

TABLEAU II
Comparaison des activités minéralisatrices des sols situés le long du transect. Ces résultats correspondent aux prélèvements du 10/5/79. La faible teneur en N minéral au sommet du bourrelet correspond à son utilisation par les plantes.

	Plogé	Bourrelet		Enganes en contre-pente	
		Sommet	Contre-pente	I	2
CO ₂ mg/m ² /heure	100	348	227	149	180
N minéral <i>in situ</i> mg/100 g.T.S	114	74	188	75	78
Taux de minéralisation <i>in vitro</i>	0,64 %	1,40 %	1,00 %	0,60 %	0,25 %

azote minéral *in situ* et *in vitro* dont la forme nitrates est toujours bien représentée. L'activité de ces sols correspond à des activités de sols à forte minéralisation.

Ce phénomène ne paraît pas lié à la plus grande richesse en matière organique des horizons de surface. En effet, les valeurs du C/N mesurées sur ce site sont les plus élevées du transect (C/N = 18). À ce type de matière organique correspond généralement une faible minéralisation de l'azote. Les explications de cette individualisation doivent plutôt être recherchées dans les conditions édaphiques propres au sol des bourrelets. Ces sols ne sont jamais inondés et leur salinité n'est jamais excessive. De ce fait, l'activité de la microflore minéralisatrice est moins freinée que dans le cas des sols d'engans. Les sols de bourrelet sont plus riches en azote minéral et plus particulièrement en nitrates. Ce caractère nutritionnel s'ajoutant aux caractères édaphiques de ce milieu pourrait expliquer en partie l'implantation d'une végétation relativement riche en graminées.

2. STRUCTURE ET DYNAMIQUE DE LA VÉGÉTATION

2.1. Définition des niveaux d'hétérogénéité.

L'observation de photographies aériennes panchromatiques et plus encore celles en infra rouge coloré, révèle l'existence autour des étangs de Basse-Camargue d'un liseré sub-continu. Cet effet de bordure est la conséquence d'une zonation de la végétation dont MOLINIER (MOLINIER R., VIANO J., LEFORESTIER C. et DEVAUX J.P., 1964) a donné une description phytosociologique, la disposition en ceintures s'expliquant par l'existence de gradients de topographie et de salure entre les rives et l'intérieur des terres.

Autour de l'étang du Boulin, la différenciation physiologique de ces ceintures correspond aux différents types de rives;

a) *Les bordures basses*, au microrelief peu accidenté assurent, par la physiologie de leur végétation, une transition insensible entre l'étang et la sansouïe. On les trouve au nord du Boulin et dans l'axe d'anciennes passes entre les baisses.

b) *Les bourrelets* résultent des accumulations de débris minéraux ou organiques accumulés au contact de la végétation phanérogamique dans les baies ou le long des côtes abritées. La pente peut en être raide tant vers l'étang que vers l'intérieur, ou au contraire dissymétrique et en pente douce vers l'intérieur. Les matériaux constitutifs comprennent une proportion non négligeable d'éléments grossiers (16 à 63 % d'éléments supérieurs à 1 mm dont 6 à 17 % d'éléments supérieurs à 2 mm). Le sol y présente un caractère filtrant. L'aspect de la végétation du sommet tranche généralement par rapport au voisinage, alors que sur la contre pente les limites entre ceintures ne sont souvent perceptibles que par l'analyse floristique.

c) *Les falaises* se présentent comme un talus limoneux en abrupt au-dessus de l'étang. En général le bord est relevé, ce qui détermine en arrière une contre pente qui, orientée vers l'intérieur des terres, gêne les écoulements d'eau vers l'étang. Certaines falaises sont constamment sapées par les vagues et

de ce fait nous les appellerons *falaises vives*. La limite de végétation est nette côté étang. En général, le sommet de la falaise ressort du restant de la contre pente où, comme précédemment, les ceintures végétales sont physiologiquement peu évidentes.

D'autres falaises sont isolées de l'étang par une plage plus ou moins étendue et au microrelief plus ou moins marqué qui les protège de l'érosion, aussi les appellerons-nous *falaises mortes*. Physiologiquement, leur végétation ressemble à celle des précédentes, mais côté étang elles sont précédées par un tapis végétal plus ou moins clair, dominé par des Salicornes.

Parfois les bourrelets ou les falaises peuvent former des cordons successifs traduisant une succession de phases dans le modelage des rives.

Bourrelets et falaises correspondent à deux processus dynamiques inverses, le premier résulte d'une édification, le second d'une érosion.

Comment la végétation réagit-elle à ces différences dans la dynamique du milieu ? Peut-on en déduire des schémas dans le fonctionnement biologique des rives ? Pour répondre à ces questions, le niveau d'hétérogénéité correspondant à l'association végétale est insuffisant, en raison du caractère trop schématisé des toposéquences qui se révèlent. Une analyse plus fine se montre nécessaire. Pour cela, nous avons analysé, selon la méthode linéaire (GODRON, 1966 ; CORRE, 1970), 24 coupes perpendiculaires à la rive. Les discontinuités du tapis végétal sont mises en évidence par la recherche des limites optimales (GODRON, 1972). Un traitement par analyse factorielle de correspondances du tableau de végétation regroupant l'ensemble des coupes, permet d'établir une échelle unique dans la perception de l'hétérogénéité, en évitant de multiplier les subdivisions dans une coupe relativement homogène et d'être trop schématisé dans les coupes très contrastées.

2.2. Caractérisation des populations et des groupements végétaux.

Neuf groupes écologiques ou espèces indicatrices ont pu être isolés :

Groupe a : *Arthrocnemum glaucum*

Groupe b : *Salicornia brachystachya*

Groupe c : *Salicornia patula*, *Bassia hirsuta*

Groupe d : *Salicornia radicans*, *Salsola soda*

Groupe e : Cyanophycées

Groupe f : *Salicornia fruticosa*, *Obione portulacoides*, *Glyceria convoluta*, *Juncus subulatus*, *Aeluropus litoralis*, *Limonium bellidifolium*, *Agropyrum elongatum*, *Triglochin barleri*

Groupe g : *Inula crithmoides*, *Limonium vulgare*, *Lepturus filiformis*

Groupe h : *Juncus gerardi*, *Agropyrum acutum*, *Lolium stricatum*, *Suaeda frutescens*

Groupe i : *Crepis bulbosa*, *Plantago coronopus*, *Bromus commutatus*, *Bromus mollis*, *Anthemis maritima*

TABEAU III
Richesse spécifique moyenne et intervalle de confiance des indices de diversité intrabiocénotique pour les différentes phytocénoses (formule de Shannon appliquée aux fréquences relatives)

ARTHROCEMETIUM		Richesse spécifique		Diversité spécifique	
grpt 0 : A. glaucum et S. patula	1,5				
grpt 6 : A. glaucum monospécifique	1				
grpt 1 : A. glaucum et S. brachystachys	3,33				
grpt 2 : A. glaucum, S. patula et B. hirsuta	4,67				
<u>SALICORMIETUM RADICANTIS</u>					
grpt 4 : S. radicans monospécifique	1				
grpt 5 : S. radicans et A. glaucum	3,5				
<u>SALICORMIETUM FRUTICOSAE</u>					
grpt 7 : S. fruticosa et A. glaucum	2,57				
grpt 9 : S. fruticosa et A. littoralis	3,22				
grpt 8 : S. fruticosa, A. glaucum et G. convoluta, var. 1	4,68				
grpt 8b : Idem, var. 2	(8)				
grpt 3 : A. glaucum, A. littoralis et I. crithmeoides	4,87				
grpt 10 : S. fruticosa et I. crithmeoides	8,83				
grpt 11 : S. fruticosa, A. acutum et J. subulatus	8,5				
grpt 11b : S. fruticosa, A. acutum	12,33				
grpt 12 : A. acutum et O. portulacoides	12				

TABLEAU IV
Caractéristiques des groupements végétaux

[illegible]

Ils se classent selon leur réactions vis-à-vis de la salinité. Les groupes a à e sont les plus tolérants. Le groupe f est euryhalin, les groupes g, h et i sont les moins tolérants.

Il s'y ajoute 23 espèces trop peu fréquentes pour en tirer une interprétation écologique, mais qui interviennent dans la définition floristique des peuplements

Les groupes écologiques et les espèces indicatrices permettent de caractériser 15 groupements végétaux correspondant à des variantes du *Salicornietum fruticosae*, de l'*Arthrocnemum* ou du *Salicornietum radicans* (Tableau III). En plus de leur composition floristique, chaque groupement se caractérise par des différences de diversité spécifique et peut être classé selon la salinité du milieu (Tableau IV).

2.3. Distribution des groupements végétaux.

Les groupements se distribuent en bandes parallèles par rapport à la limite du niveau moyen des eaux. Vers l'intérieur des terres, ce parallélisme devient moins évident avec l'éloignement de la rive.

Les parties centrales de l'étang et les zones de bordure qui restent inondées jusqu'en été sont dépourvues de végétation phanérogamique. Les plages, émergées au printemps, sont occupées par une zonation appartenant à l'*Arthrocnemum* et au *Salicornietum radicans*, ou l'un ou l'autre. Les bourrelets dépassant, d'au moins 40 cm en altitude le niveau moyen des eaux sont occupés par le groupement à *Agropyrum acutum* et *Obione portulacoides* (n°12) ou à *Salicornia fruticosa*, *Agropyrum acutum* et *Juncus subulatus* (n°11). Ce sont ceux qui ont les indices de diversité les plus élevés. Les bourrelets d'altitude plus basse, les falaises ou les contre pentes en arrière des crêtes de bordure ont des groupements dont les indices de diversité sont moindres. Vers l'intérieur des terres, la zonation se termine par un groupement qui, généralement, appartient à l'*Arthrocnemum*.

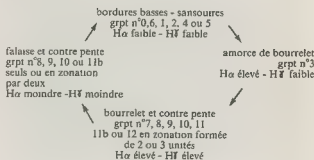
Au pied de certains bourrelets, côté étang, on observe parfois un groupement à *Arthrocnemum glaucum*, *Aeluropus littoralis* et *Inula crithmoides* (n°3) qui correspond à des conditions de salinité relativement forte, mais présente un indice de diversité spécifique élevé. Il est le lieu d'importantes accumulations de débris transportés par les vagues.

Il est difficile d'admettre que l'agencement de cette structure est fortuit et c'est dans les relations entre l'étang et ses berges que nous en avons recherché l'origine. Lors des tempêtes d'hiver, la végétation de bordure filtre les débris organiques et minéraux. La plage s'élève, le groupement n°3 à *A. glaucum*, *Aeluropus littoralis* et *Inula crithmoides* se formerait ; la diversité spécifique H_a (1) augmente. Le processus d'enrichissement de la côte se poursuivant, le niveau du sol s'élève et la salinité diminue, atténuant les contraintes liées aux facteurs édaphiques, ce qui a pour conséquence de permettre à la diversité H_a de s'élever jusqu'à un maximum (groupement 12 à *Agropyrum acutum* et *Obione portulacoides*).

Dans le même temps ce bourrelet freine l'écoulement des eaux de pluie vers l'étang. Celles-ci s'infiltrent, déterminant des lentilles d'eau douce. Cet adoucissement du milieu explique la zonation en contre pente des crêtes de bordure d'étang. Il s'ensuit qu'à l'augmentation de la diversité H_a s'ajoute une augmentation de la diversité H_f (2) de la zone de bordure.

Le phénomène se poursuit jusqu'à ce qu'un équilibre déterminé par la hauteur de la surface du sol et la force des vagues soit atteint. Le sens de cette évolution sera interrompu si de nouveaux bourrelets s'interposent en avant de la direction des vagues. Lorsque la côte est attaquée, une falaise se forme. Le sommet en est éblouissant par les vagues, ce qui procure des apports de matière organique, mais la base en est sapée, ce qui provoque une régression de la côte. Le maximum de diversité H_a observé est moindre ainsi que la diversité H_f .

Si l'érosion ramène le niveau du sol à sa valeur initiale, on peut penser alors que la dynamique de ces berges s'inscrit dans un cycle dont nous donnons le schéma :



Il est peu probable que l'on revienne exactement au stade initial, les apports exogènes devant contribuer à une élévation progressive de l'ensemble des sansouires qui peu à peu évolueront vers des phytocénoses moins fortement salées.

L'examen de photos anciennes montre que le temps de réalisation d'un cycle est très lent. Il y a quelques changements de détail entre les photos aériennes de 1942 et celles de 1970, mais ils sont rares dans tout le secteur que nous avons étudié. Cette stabilité de la morphologie des berges est paradoxale, compte tenu de l'aspect très spectaculaire des accumulations sur les bourrelets et des faciès d'érosion le long des falaises.

Le type d'évolution est déterminé, en partie au moins, par l'orientation du rivage. Autour de l'étang du Boulon, les rives S et E comprennent essentiellement des bourrelets dans les baies, des falaises le long des caps. Les rives N et W, moins battues par les vagues soulevées par le Mistral, sont occupées par des «bordures basses» ou des falaises mortes. Généralisée à la Basse-Camargue, cette distinction entre les rives d'orientation différente n'est pas constante, ce qui tendrait à prouver que d'autres facteurs que l'orientation par rapport au Mistral interviennent dans le modelé des pourtours d'étang.

(1) On distinguera (d'après WHITTAKER, 1960, 1972) la diversité H_a , ou intraspecific, correspondant à la diversité de la phytocénose et la diversité H_f ou sectorielle, qui traduit la diversité liée à l'ensemble des phytocénoses d'un secteur

(2) Appréciée par le nombre de phytocénoses comprises entre la crête et la sansouire située en arrière

3. LE PEUPLEMENT RIPICOLE D'INVERTÉBRÉS

Le Boulou présente sur ses rives trois types de micromilieux hébergeant une faune ripicole : les substrats de limons, les plages à coquilles de *Cardium* et les cordons de laisses. Ils se manifestent lors de l'assèchement habituel du Boulou en été. Le maintien en eau en 1977 et l'exondation tardive des rives en 1978 ont gêné leur apparition et par suite l'exécution des relevés de terrain.

Avec 26 espèces dénombrées en deux ans, la communauté ripicole du Boulou se révèle riche, à l'échelle toutefois du milieu camarguais. Sept espèces (6 Tréhidés et 1 Anthicidé) sont des constantes avec une abondance relative comprise entre 2 et 5% et une fréquence > 50% (1). Deux constantes ayant une abondance relative > 2 % sont encore à relever. Ces neuf espèces constantes forment le noyau de la communauté :

<i>Tachys scutellaris</i>	<i>Pogonus meridionalis</i>	<i>Dyschirius salinus</i>
<i>Notophus ephippium</i>	<i>Pogonus pallidipennis</i>	
<i>Pogonus littoralis</i>	<i>Pogonistes gracilis</i>	
<i>Anthicus concipes</i>	<i>Anthicus constrictus</i>	

Elles peuvent être considérées comme les bioindicateurs de la faune des bords d'eau saumâtre du type Boulou en Basse-Camargue.

Dans le cas de la communauté ripicole du Boulou, l'équité relative est égale à 67,87 %. Compte tenu de nos connaissances sur la diversité spécifique des peuplements de bord d'eau en Camargue, cette valeur est élevée.

Le biotope est localisé à la frange humide du sol. En raison de sa position entre le domaine terrestre et le domaine aquatique et compte tenu des variations saisonnières du niveau des eaux, il y aurait lieu de s'attendre à une mauvaise individualisation de l'habitat. Il est intéressant de noter que ce n'est pas le cas.

Le peuplement forme une unité bien structurée, «hiérarchisée». La communauté de Coléoptères et d'Araignées dans son ensemble constitue un ensemble autonome, sans apport d'élément extérieur en provenance par exemple des enganes ou du bourrelet de berge. L'équité relative confirme le bon équilibre de ce groupement ripicole.

Les valeurs de quelques paramètres écologiques nous montrent que les différences de faune entre les trois micromilieux (limons, coquilles, laisses) sont minimes.

La communauté du limon se révèle largement dominante et c'est elle qui conditionne finalement la structure et assure la dynamique du peuplement global. Les deux autres micromilieux peuvent être considérés, sur les bords du Boulou, comme des formations annexes n'ayant qu'une influence réduite sur l'ensemble du peuplement.

La végétation intervient pendant la période du début de printemps (mars) lorsque le niveau de l'étang déborde dans les enganes environnantes. Coléoptères et araignées s'observent alors sur les plages de limon très humide, en bordure des *Salicornia frutescens* mais non sous leur couvert ; la végétation pourrait donc avoir, au cours de la période de hautes eaux, un rôle limitant.

(1) L'abondance relative correspond au nombre d'individus d'une espèce, par rapport au nombre total d'individus du peuplement.

Le peuplement atteint sa richesse maximum en mai-juin (15 espèces/relevé/mois) et en septembre (11 espèces/relevé/mois). La chute du nombre des espèces, à laquelle correspond d'ailleurs une baisse des effectifs, se produit en juillet-août (5 espèces/relevé/mois). Cet appauvrissement de la communauté ripicole est assez général pendant les mois d'été en Camargue ; il est particulièrement marqué dans le cas des étangs à caractères saumâtres accentués (type : étangs inférieurs) ; les marais voisins à salinité plus faible comme le Saint-Seren (Tour-du-Valat) ou l'Étang Redon (Petit-Badon) ont une communauté ripicole encore fournie, à moins bien sûr, qu'ils ne soient sujets à un assèchement complet.

4. STRUCTURE PHÉNOLOGIQUE ET SPATIALE DES PEUPLEMENTS AQUATIQUES D'INVERTÉBRÉS

La biocénose invertébrée peuplant l'étang du Boulou se subdivise en deux peuplements principaux :

- la fraction vivant en pleine eau, composée d'une part de Copépodes planctoniques et d'autre part de crustacés Péricarides particulièrement abondants au niveau de quelques amas végétaux dérivants formés par l'algue *Chaetomorpha linum*,
- la fraction benthique exploitant l'interface eau-fond et les dix premiers centimètres de sédiments.

4.1. Évolution saisonnière.

14 espèces ont été identifiées soit 1 Polychète, 3 Mollusques, 6 Péricarides et 4 Copépodes. Ce contenu faunistique extrêmement pauvre est comparable à celui observé dans d'autres étangs permanents du Sud de la Réserve (CHAMPEAU, 1979). Il est caractéristique des biocénoses peuplant les milieux lagunaires eurythermes et euryhalins. La faiblesse de sa variété spécifique est accentuée par le manque d'herbier de macrophytes et l'absence de l'influence régulatrice des eaux marines (GUELorget, MICHEL, 1976).

4.1.1. Copépodes (Fig. 9).

Une même succession d'espèces a été observée durant les deux années d'étude. Les variations des teneurs en chlorures de l'eau conditionnent en grande partie ce résultat. Les 2 espèces de cyclopides (*Diatocyclops bicuspidatus* et *D. bicuspidatus*) les moins euryhalines (de 0 à 5 g/l de Cl ; CHAMPEAU, 1970) dominent durant la saison hivernale (chlorosité de l'eau inférieure à 5 g/l). *Calanipeda aquaedulcis* et *Acartia italica*, d'origine marine abondent en période estivale pour des chlorosités comprises entre 5 et 10 g/l. Les effectifs maximaux s'observent en été (20 individus/litre), l'abondance étant particulièrement faible en automne.

4.1.2. Péricarides.

Leur évolution phénologique est, elle aussi, comparable en 1977 et 1978. *Idothea baltica* et *I. viridis* dominant en hiver pour disparaître en été. *Gammarus aequicauda* atteint des effectifs relatifs maximaux au printemps. *Leander serratus*

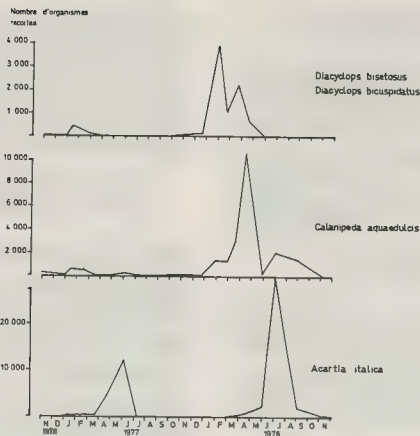


FIG. 2.—Évolution saisonnière du peuplement zooplanctonique

abonde en été. *Shaeroma hookeri* est, quant à lui, présent tout au long du cycle. Ces résultats ont été obtenus par récolte des individus présents au sein des amas de *Chaetomorpha linum*. Ces différentes espèces ont également été observées en pleine eau en densités bien moindres, à l'exception de *L. serratus*.

4.1.3. Benihos.

À l'inverse, les situations diffèrent entre les deux cycles annuels, 1978 se différenciant par des abondances beaucoup plus faibles. Les densités de *Nereis diversicolor* présentent un maximum en juin 1977 (1600 ind./m²) puis restent stables et faibles en 1978 (300 ind./m²). Parmi les mollusques, *Hydrobia acuta* domine (3000 ind./m²). Les premières formes fixées de *Cerastoderma edule* apparaissent en avril 1977. Leur taille est alors inférieure à 4 mm. Les effectifs atteignent 400 ind./m² en fin de période de recrutement. Dès le mois de septembre, la population régresse rapidement alors que les individus ont encore une taille inférieure à 20 mm. En 1978, seuls quelques géniteurs sont encore présents dans l'étang sans toutefois donner naissance à une nouvelle génération. À l'inverse, *Abra ovata*, absent en 1977, apparaît durant l'hiver 1977-78 et se

maintient durant toute l'année suivante (100 ind./m²). Cette espèce, vivant préférentiellement sur substrat vaseux, aurait ainsi profité de l'installation progressive d'un important dépôt de vases fluides sur le fond de l'étang à partir de la fin 1977, au détriment de *C. edule* préférant les sols sableux (HYLLEBER et al., 1978).

4.2. Structure spatiale du peuplement benthique.

Des échantillons de faune ont été récoltés en 3 zones définies en fonction de la texture de l'horizon superficiel du sol et de leur situation par rapport aux berges :

- la partie profonde centrale sur sol limono-argileux («vase» fluide),
- une zone de bordure nord sur sol limono-argileux, qui communique avec les sansouires en période de hautes eaux,
- une zone de bordure sud sur sol sableux, située au fond d'une baie ceinturée par un bourrelet terrestre.

a) Comparaison des zones de bordure nord et sud (1977).

Les densités moyennes annuelles d'*Hydrobia acuta* et *Nereis*

diversicolor sont comparables (*H.a.* : 1926 ind./m² au N. et 1734 au S. ; N.d. : 967 ind./m² au N. et 937 ind./m² au S.). La situation est également identique dans le cas de *C. edule* en avril au moment de la colonisation. Par contre, de mai à octobre, les densités moyennes au sud sont deux fois plus élevées qu'au nord (296 et 136 ind./m²).

b) *Comparaison de la zone de bordure sud et de la partie centrale* (Figure 10).

Les populations de *N. diversicolor* sont là aussi d'importance identique. Par contre *A. ovata* et *Corophium insidiosum* ont une répartition inverse : *Abra ovata* est dix fois plus abondant au centre alors que *C. insidiosum* l'est cinq fois plus au sud.

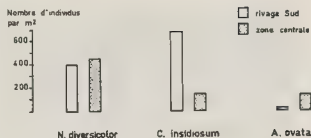


FIG. 10 — Comparaison des densités moyennes d'organismes benthiques présents dans les zones de bordure sud et centrale

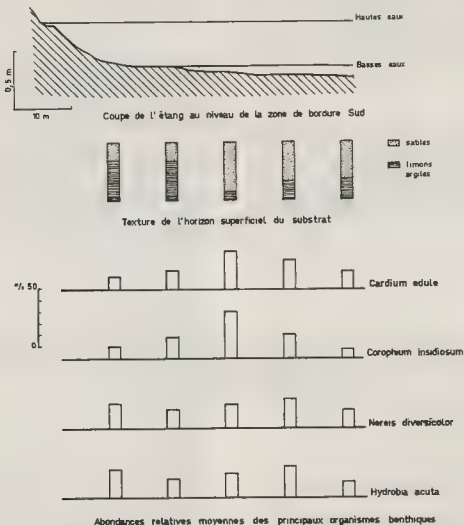


FIG. 11 — Structure du peuplement en zone de bordure sud.

c) Structuration du peuplement en bordure sud.

Des prélèvements mensuels ont été effectués selon un axe perpendiculaire à la rive à des emplacements équidistants de 10 m en partant de la rive (Figure 11). Deux zones peuvent être distinguées :

- les 20 premiers mètres, où les teneurs en sable du substrat sont relativement faibles (33 %), correspondent à la zone de rivage proprement dite (exondation durant les périodes de basses eaux),
- les 30 mètres suivant toujours submergés, à forte teneur en sable (72 %).

N. diversicolor et *H. acuta* présentent une répartition uniforme le long du transect à l'inverse de *C. edule* et *C. insidiosum* dont l'abondance maximum est observée à 30 m des berges. La répartition de *C. insidiosum* (observée en 1978) calculée sur celle de *C. edule* (observée en 1977, absent en 1978) pourrait s'expliquer par le fait que cet amphipode, en l'absence d'herbier, utilise les valves de *C. edule* comme support pour la construction de son tube (CASABIANCA, 1974) ; sa répartition se calquant ainsi sur celle des valves de *C. edule*.

4.3. Conclusion.

La grande pauvreté de l'étang en 1978 et les conditions défavorables n'ont permis d'obtenir que des résultats préliminaires. Néanmoins, la structure faunistique des zones de bordure sud sableuses s'individualise par rapport au reste de l'étang. L'accumulation des coquilles de *C. edule*, notamment en un cordon parfois épais de plusieurs décimètres longeant le bourlet sur sa face aquatique, proviendrait à la fois d'un phénomène de transport passif par le vent et d'une localisation préférentielle de cette espèce dans les baies sableuses.

Ces premiers résultats demanderaient à être confirmés par des études s'intéressant à d'autres étangs permanents ou temporaires du complexe aquatique situé au sud de la Réserve de Camargue.

5. L'AVIFAUNE

Soixante douze journées d'observations continues de l'avifaune de l'étang du Boulou, réparties sur 18 mois, nous ont permis de l'analyser dans sa composition qualitative et quantitative, sa répartition spatiale et ses rythmes d'activités diurnes.

L'étang du Boulou, représentatif, par sa structure et sa taille, d'un habitat largement représenté sur la réserve, possède-t-il un peuplement bien individualisé en relation avec les paramètres biotiques et abiotiques étudiés par ailleurs ?

La composition qualitative du peuplement est stable comme le montre la courbe de «richesse cumulée» (Figure 12). Quarante deux espèces ont fréquenté l'étang dont 17 constantes, durant au moins une saison. Elles peuvent être séparées en quatre groupes : Canards, Hérons, Limicoles et «piscivores nageurs» (Harles, Grèbes etc.).

Le cycle annuel d'utilisation de l'étang paraît, lui aussi, stable, les différentes espèces utilisant l'étang durant la même période. Seuls, les effectifs fluctuent selon les niveaux d'eau : le maintien en eau estival de 1977 suivi de niveaux très hauts

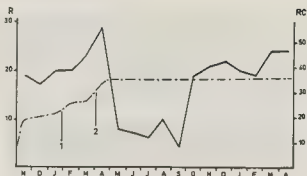


FIG. 12 — L'évolution mensuelle de la richesse R (—) et de la richesse cumulée RC (---).
1 : Limicoles «précoces»
2 : Limicoles «tardifs» et «estivaux nicheurs».

durant l'hiver 77-78 ont fait chuter les effectifs de toutes les espèces à l'exception de ceux des piscivores nageurs.

Par ailleurs ce maintien en eau estival n'apporte rien aux oiseaux malgré la pullulation de certaines ressources alimentaires, ceux-ci désertant l'étang de mai à août, à l'exception des deux espèces ubiquistes que sont les Mouettes et les Goélands.

L'étude de la répartition spatiale des oiseaux sur l'étang montre qu'elle est très étroitement liée aux différents types de rives : alors que la rive Nord (et Ouest dans une moindre mesure) concentre plus de 85 % de la biomasse avienne, la rive Sud est totalement désertée tandis que le centre de l'étang n'est utilisé que par les «piscivores nageurs».

L'eau calme et peu profonde, un substrat vaseux, une végétation clairsemée, l'ensoleillement matinal et un découpage marqué des rives paraissent être les éléments déterminant la présence des oiseaux (Figure 13).

Cette polarisation correspond à des différences réelles des berges du point de vue structure (morphologie et végétation) mais n'a pu être retrouvée au niveau de la distribution des proies potentielles des oiseaux.

L'étude des cycles d'activité diurne a clairement démontré que plus de 80 % des oiseaux ne se nourrissent pas sur l'étang, les autres utilisant essentiellement les poissons lors de leurs mouvements migratoires d'automne et de fin d'hiver. De plus, le maximum de présence de nourriture disponible (fin de printemps) correspond à la période de désaffection quasi totale des oiseaux pour l'étang.

Le peuplement d'oiseaux de l'étang du Boulou :

- par la stabilité de sa composition,
 - par l'utilisation ordonnée de l'étang, dans l'espace et le temps,
 - par ses rythmes d'activité bien établis,
- possède une structure bien définie, bien que les effectifs présents demeurent marginaux à l'échelle de la Camargue.

Ainsi l'étang du Boulou, comme la vingtaine d'étangs qui semblablement possèdent le double caractère d'assèchement estival régulier et d'opposition des rives Nord et Sud, paraît constituer un habitat bien individualisé.

L'absence d'oiseaux en été et lors des sécheresses hivernales prolongées, la diminution des effectifs lors des «crues» hiver-

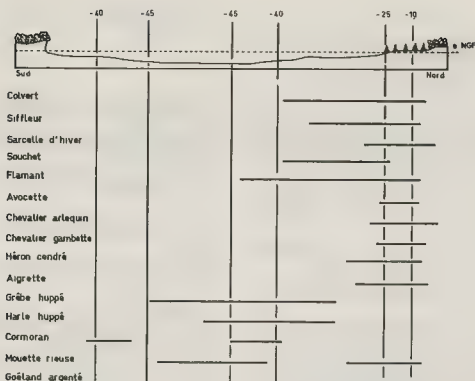


FIG. 13. — Distribution spatiale des différentes espèces «dominantes» par rapport à l'axe Nord-Sud

TABLEAU V a

Utilisation de l'étang par les oiseaux,
synchronisation entre leur cycle annuel et le cycle hydraulique

	PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3
Cycle de l'avifaune :	Migration d'automne + Mue des hivernants	Hivernage en grandes remises	Migration de printemps + éclatement des remises
Cycle hydraulique :	Remplissage de de l'étang	Stabilisation autour du niveau maximum	Phase d'assèchement de l'étang

TABLEAU V b

Complémentarité des trois habitats aquatiques principaux
étangs permanents, étangs du type Boulon, sansouïres inondées

	PHASE 1	PHASE 2	PHASE 3
AUTOMNE ET HIVER SECS	grands étangs	grands étangs étangs du type Boulon	grands étangs étangs du type Boulon
AUTOMNE ET HIVER PLUVIEUX	grands étangs étangs du type Boulon	étangs du type Boulon Sansouïres	Sansouïres
AUTOMNE SEC ET HIVER PLUVIEUX	grands étangs	étang du type «Boulon»	Sansouïres

nales, laissent à penser que ces étangs sont complémentaires des grands étangs permanents utilisés les années sèches et des sansouïres inondées fréquentées les hivers très pluvieux (Tableau V a et b).

Cette diversité topographique permet d'offrir des condi-

tions optimales d'habitat aux différents peuplements aviens qui se succèdent en Camargue et ce, quels que soient les aléas d'un climat méditerranéen dont la principale caractéristique demeure l'irrégularité.

6. CONCLUSION

En étudiant les rives de l'étang du Boulon, nous nous attendions à la manifestation d'un effet d'écotone. Dès l'abord, la physionomie constituait un argument majeur en accord avec cette thèse. L'analyse de la structure de la communauté animale et végétale, en relation avec le fonctionnement du milieu, le démontre.

Dans la partie terrestre, l'effet de bordure est souligné par un peuplement ripicole, homogène mais saisonnier, d'Invertébrés (Coléoptères, Araignées). Il en constitue la limite aval vers l'étang. Cet effet de berge se poursuit vers l'amont par un bourrelet, ou des falaises, sur et en arrière desquels se développe une végétation phanérogamique distribuée en ceintures, concentriques à l'étang, et associées à un gradient de l'activité microbiologique des sols. La limite distale de l'écotone se remarque le plus généralement par l'apparition de la sansouire à *Arthrocnemum glaucum*.

Dans la partie aquatique, l'effet de bordure est plus discret et se manifeste de manière saisonnière et discontinue par l'intermédiaire de la faune benthique et de l'avifaune.

Les manifestations de l'effet de berge ne sont pas uniformes tout autour de l'étang, révélant un autre niveau d'hétérogénéité du milieu.

Les rives Nord, qui ont tendance à s'envaser, présentent plutôt des falaises mortes et la plage située en avant est envahie par la végétation. Les conditions qui y règnent sont appréciées par les oiseaux qui s'y rassemblent.

La côte Sud, battue par les vagues, leur est défavorable. Elle présente une alternance de baies et de caps correspondant à une alternance des rives en cours de colmatage ou d'érosion, chacune d'elles étant le lieu de zonations différentes.

A l'origine de cet effet de berges, on trouve l'action directe ou indirecte de l'étang. Les zones de calme favorisent l'envasement ; par contre, dans les zones battues les vagues érodent et au contraire favorisent le transfert de matériaux sur la rive. Le balancement des eaux, sous l'influence du mistral, et ses variations saisonnières de niveau interviennent sur les eaux souterraines des terrains contigus et les rythmes d'humidité et de salinité qui se manifestent à plus ou moins grande distance du bord interviennent dans les zonations qui se dessinent.

Les communautés ne sont pas inactives dans cette structuration de la rive. En particulier la végétation phanérogamique en retenant les matériaux rejetés par les vagues, dont une partie provient de la population de *Cardium*, contribue à modifier les caractéristiques du milieu et favorise la constitution de la zonation.

Responsabilités de Rédaction et Remerciements

Les responsabilités ont été réparties en fonction de la compétence scientifique de chacun des participants.

P. HEURTEAUX a pris en charge les aspects géomorphologiques, géologiques, hydrologiques et pédologiques du site d'étude, G. BILLES, celle de l'étude de l'activité microbiologique des sols, J. J. CORRIE, N. BOUAB et S. SKEFFINGTON, celle des peuplements planctoniques, L. BIGOT et G. GAUTHIER, celle du peuplement d'invertébrés ripicoles, D. PONT s'est intéressé aux peuplements aquatiques et E. COULET à l'avifaune.

Ce travail a été possible grâce au soutien du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie. Les résultats détaillés ont paru dans le

rapport de fin de contrat n° 76-84 passé sous le couvert de son Comité l'Aune-Flore. Il a bénéficié également du concours de la Réserve nationale de Camargue tant pour la collaboration scientifique que pour le terrain d'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- BOUTEYRE (G.) et TONI (C.) 1972. — Géomorphologie et étude des sols sodiques des plaines alluviales. Exemple de la Camargue. *Sciences du sol*, 2.
- CASABIANCA (M.L.) 1974. — Dynamique et production d'une population de crustacés en milieu saumâtre. *Thèse d'État, Aix-Marseille*, 186 p.
- CHAMPEAU (A.) 1970. — Recherches sur l'écologie et l'adaptation à la vie latente des copépodes des eaux temporaires provençales et corses. *Thèse d'État, Aix-Marseille*, 360 p.
- CHAMPEAU (A.) — Les invertébrés des étangs et des zones à submersion temporaire. In *Recherches sur les communautés halophiles de Camargue. Rev. écologie appliquée (Terre & Vie)*, suppl. n°2 : 147-157.
- CORRE (J. J.) 1970. — La méthode des « transects » dans l'étude de la végétation littorale. *Bull. Acad. et Soc. Lorraines des Sciences*, 9 (1) 59-79.
- DIRECTION DÉPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE DES BOUCHES-DU-RHÔNE 1970. — Étude hydrogéologique, pédologique et de salinité en Camargue. C.R. d'une étude réalisée par la Compagnie nationale d'aménagement de la région du Bas-Rhône-Languedoc pour le compte de la DDA.
- DOMMERGUES (Y.) et MANGENOT (F.) 1970. — Écologie microbienne du sol. Ed. Masson, 796 p.
- GODRON (M.) 1972. — Échantillonnage linéaire et cartographie. *Inv. Pess.*, 36 (1) : 171-174.
- GUELORGET (O.), MICHEL (P.) 1976. — Recherches écologiques sur une lagune saumâtre méditerranéenne, l'étang du Prévost (Hérault). *Thèse de spécialité, Montpellier*, 2 tomes, 216 p.
- HELWAN (H.) 1971. — Contribution à l'étude de l'activité biologique des sols sales littoraux. *Thèse Docteur Ingénieur, Université de Montpellier*, 89 p.
- HEURTEAUX (P.) 1970. — Rapport des eaux souterraines avec les sols halomorphes et la végétation en Camargue. *Rev. écologie appliquée (Terre & Vie)*, 4, 467-510.
- HEURTEAUX (P.) et SERVANT (J.) 1979. — Transferts et stockage de l'eau et des sels dans le profil pédologique des sols halomorphes camarguais. *Rev. écologie appliquée (Terre & Vie)*, suppl. n°2, 51-91.
- HYLLEBERG (J.), BROCK (V.), JORGENSEN (F.) 1978. — Production de sublittoral coxles, *Cardium edule* L., with emphasis on predation by flounders and sea stars. *Natura Jutlandica*, 20 : 183-191.
- MOLINIER (R.), VIANO (J.), LEFORESTIER (C.) et DEVAUX (J.P.) 1964. — Études phytosociologiques et écologiques en Camargue et sur le plan du Bourg. *Ann. Fac. Sci. de Marseille*, 36 : 1-100.
- PONS (A.), TONI (C.) et TRIAT (H.) 1979. — Édification de la Camargue et histoire holocène de sa végétation. *Rev. écologie appliquée (Terre & Vie)*, suppl. n°2, 13-30.
- SERVANT (J.) 1973. — Le profil salin des sols. Méthodes d'étude et signification. Application aux sols halomorphes du Midi de la France. *Ann. Agro.*, 24 (3) : 375-393.

ÉTUDE PHYTOCOENOTIQUE ANALYTIQUE ET GLOBALE DE L'ENSEMBLE DES VASES ET PRÉS SALÉS ET SAUMÂTRES DE LA FAÇADE ATLANTIQUE FRANÇAISE

par J.M. GEHU

Faculté de Pharmacie de l'Université de Paris 6

et J. GEHU-FRANCK

Faculté de Pharmacie de l'Université de Lille II

RÉSUMÉ

Ce mémoire établit en quatre parties, accompagnées d'annexes, le bilan des prés salés et saumâtres de la façade atlantique française (état en 1979).

1. Un fichier floristique concernant 45 espèces halophiles et 30 espèces des contacts saumâtres précise pour chaque espèce la distribution, avec carte, l'écologie et la rareté.

2. Un fichier phytocoenotique décrit 49 groupements de prairies salées et précise pour chacun d'entre eux la répartition géographique, l'écologie et la rareté.

3. Un fichier sitologique étudie 83 sites et en résume la situation géographique, les caractéristiques géomorphologiques, les influences humaines et les altérations subies, les bilans floristiques et phytocoenotiques. Une quantification spatiale des groupements végétaux est donnée pour chaque site.

En fin de fichier un classement hiérarchisé des sites est proposé, tenant compte notamment de leur richesse en espèces et en phytocénoses et de la rareté de celles-ci.

Du point de vue de la flore et de la végétation ce classement se veut un guide pour l'établissement des priorités de protection.

4. En quatrième partie figure une cartographie de la végétation actuelle des herbiers de la baie du Mont-Saint-Michel.

Le mémoire est accompagné de réflexions sur la dégradation, la protection et la restauration des sites halophiles français.

Enfin, de nombreuses annexes illustrent les trois types de fichier

SUMMARY

This memoir gives the evaluation of the salt and brakish marshes of the French Atlantic coastline (observed in 1979) through 4 parts with annexes.

1. A floristic card-index dealing with 45 halophile species and 30 one belonging to brakish areas gives details for each species of their distribution, with a map, of the ecology and rarity.

2. A phytocoenological card-index gives details of 49 associations of salt-marshes and shows for each of them their geographical distribution, the ecology and rarity.

3. A card-index studies 83 sites summing up the geographical situation, the geomorphological characteristics, the human influence and deterioration, the floristic and phytocoenotical evaluation. For each site, a quantitative spatial analysis of the associations of vegetation is given.

At the end of the card index a hierarchical classification of the sites is proposed taking into consideration their richness of species and phytocoenosis and of their rarity.

Dealing with flora and vegetation this classification is a guide for the establishing of protective priorities.

The 4th part shows a cartography of the actual vegetation of the salt-marshes of Mont-Saint-Michel bay.

The memoir deals also with reflections on the deterioration, protection and restoration to the French halophile sites. Finally, numerous annexes illustrate the three types of card-index.

AVANT-PROPOS

Toute action conservatoire significative se heurte nécessairement et tout d'abord à la difficulté du choix judicieux et objectif des milieux à préserver, la conservation de la Flore et de la Faune étant indissociablement liée à celle de leur biotope. De tels choix ne peuvent être significatifs que s'ils s'appuient sur un recensement le plus complet possible et une connaissance du milieu basée sur une argumentation réellement scientifique.

L'ambition du présent travail fut d'y contribuer pour les milieux de prés salés et saumâtres des côtes atlantiques françaises.

Cette étude phytocoenotique des prairies salées et saumâtres atlantiques françaises a été réalisée à la demande du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, Mission des études et de la recherche, après avis du Comité Faune-Flore.

Elle a bénéficié d'un contrat de financement (n°77-29) et a fait l'objet de rapports d'état d'avancement des travaux (Décembre 1977 et Mai 1978 et d'un rapport de synthèse (Décembre 1979, 514 pages et 3 cartes hors texte). Elle a été réalisée par l'équipe du Professeur J.M. GEHU, avec les moyens en personnels, en matériel et en documenta-

tion du Laboratoire d'Écologie végétale de l'Université de Lille II et de la Station de Phytosociologie de Bailleul

Ses objectifs principaux étaient, de façon à étayer scientifiquement et à objectiver les choix conservatoires, de :

- fournir au Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie un bilan des richesses floristiques et phytocœnologiques des sites (baies et estuaires) halophiles et saumâtres de la façade atlantique française ;
- dresser une échelle de valeur de ces sites en fonction des critères de diversité et de rareté floristique et phytocœnologique ;
- synthétiser les données en expression cartographique

Dans un souci de clarté, les résultats ont été rendus principalement sous forme de fichiers : floristique, phytocœnologique et sitologique.

INTRODUCTION :

DÉLIMITATION SITOLOGIQUE

1. ASPECTS GÉOMORPHOLOGIQUES GÉNÉRAUX

Les côtes atlantiques françaises sont très variées dans leurs aspects géomorphologiques et diffèrent beaucoup par la végétation qu'elles portent. L'opposition entre les côtes d'érosion (falaises) et de sédimentation est classique. Sur ces dernières, la force des courants marins et l'intensité de l'effet de « Drift » des vagues règlent la grosseur des particules déposées. Le ralentissement du flot dans les baies et les estuaires permet une sédimentation fine de sable fin, de limon et même d'argile. Les grains de sable qui constituent les dunes correspondent à une sédimentation plus grossière sur les estrans et à un mouvement marin plus marqué. Dans certains sites, la force des courants et des vagues est telle qu'elle permet l'accumulation de graviers et même de galets de grandes dimensions. Chacun de ces types de géomorphologie littorale possède une végétation caractéristique. Tel est le cas pour la végétation halophile des vases salées.

2. FACTEURS DE DIVERSITÉ

La diversité de la flore (espèces) et de la végétation (groupements) halophiles est avant tout conditionnée par la durée et la fréquence des inondations marines ainsi que l'amplitude des oscillations saisonnières de chlorinité à travers la séquence. L'opposition bionomique entre les végétations de la Slikke (vases) et celles des Schorres (herbus) est traditionnelle

La nature du substrat (de texture plus ou moins fine), le relief microtopographique (chenaux, cuvette et subcuvette, plateau disséqué...), les pénétrations plus ou moins marquées d'eau douce (milieux saumâtres et oligohalins), la plus ou moins grande abondance des dépôts organiques (halonitrophilie)... sont autant de facteurs de diversification.

On y ajoutera le déterminisme climatique favorable à l'apparition de vicariance géographique. Plusieurs groupements n'apparaissent que dans la zone des étés secs et lumineux du Centre-Ouest ; beaucoup redoutant les hivers rigoureux ne dépassent pas le Cotentin ; quelques-uns nordiques sont cantonnés en Manche orientale.

Pour chaque espèce et chaque groupement, le rôle de ces paramètres est précisé dans les fiches floristiques et phytocœnologiques correspondantes.

3. DÉLIMITATION SITOLOGIQUE

Le point de départ de la définition sitologique peut se trouver dans la notion de secteur d'homogénéité écosystémique. L'échelle doit permettre la délimitation de sites à caractères spatial, écologique, dynamique, biologique suffisamment équilibrés et chorologiquement assez grands et répétitifs. La combinaison spatiale quantifiée des communautés végétales dans un cadre géomorphologique précis, permet une bonne approche de la définition sitologique fonctionnelle

Le site est donc une grande cellule fonctionnelle de paysage définie par une liste quantifiée de phytocœnosés (supports des biocœnosés) à l'intérieur d'un ensemble géomorphologique et dynamique déterminé.

Le site est décrit à travers l'ensemble de ses groupements d'herbus (schorre) et de vases (slikke) soumis aux inondations marines périodiques et ses limites continentales correspondent aux hautes de mer extrêmes.

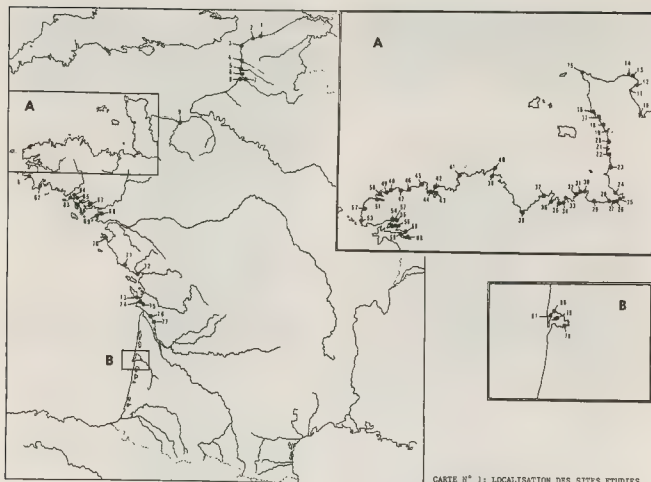
La dimension des sites halophiles et saumâtres de la côte atlantique varie considérablement suivant les accidents du littoral littoral et les ailes de la géomorphologie côtière. Pour les sites très vastes (estuaires picards, Baie du Mont-Saint-Michel, rivières morbihannaises, bassin d'Arcachon...), le bon déroulement de l'étude a nécessité l'établissement de césures artificielles. Mais on a alors toujours donné une évaluation finale de l'ensemble à partir des secteurs constitutifs.

Sur ces bases, un peu plus de quatre vingt sites ont été retenus et étudiés. Leur liste et leur situation cartographique figurent ci-après.

LISTE DES SITES ÉTUDIÉS

Du Nord au Sud

- 1 GRAND FORT PHILIPPE (59)
- 2 Le FORT VERT (59)
- 3 Estuaire de la SLACK (AMBLETEUSE, 62)
- 4 Estuaire de la CANCHE (62)
- 5 Baie d'AUTHIE (62) (Nord = 5 ; Sud = 5 bis)
- 6 à 8 Baie de la SOMME (Baie de MAYE = 6 ; NOYELLES S/MER = 7 ; ST. VALERY-le-ROURDEL = 8-80)
- 9 Estuaire de l'ORNE (SALLENNELLES, 14)
- 10 Baie des VEYS (14)
- 11 MORSALINES (50)
- 12 ST. VAAST-LA-HOUEUE (50)
- 13 BARFLEUR (50)
- 14 NEVILLE S/MER (50)
- 15 GOURY (pointe de LA HAGUE, 50)
- 16 HAVRE de BARNEVILLE-CARTERET (50) (Ouest ; Est = 16 bis)
- 17 HAVRE de PORTBAIL (50) (Nord ; Sud = 17 bis)
- 18 HAVRE de SURVILLE (50) (Nord ; Sud = 18 bis)
- 19 HAVRE de LESSAY (ST. GERMAIN/AY, 50)
- 20 HAVRE de GEFFOSSES (50)
- 21 HAVRE de BLAINVILLE S/MER (50)
- 22 HAVRE de REGNEVILLE S/MER (50)
- 23 HAVRE de BREHAL (50)
- 24 à 29 Baie du MONT - ST. MICHEL : GENÈTS (50) = 24 ; LA ROCHE TORIN = 25 et POLDER EST (50) =



CARTE N° 1: LOCALISATION DES SITES ETUDIÉS

26 ; MONT-ST-MICHEL (50) = 27 ; POLDER
OUEST (35) = 28 ; de ST. BENOIT DES ONDES
à CHERRUEUX (35) = 29.

- 30 Anse du GUESCLIN (35)
- 31 Anse de ROTHENEUF (35)
- 32 Anse de la GUIMORAI (35)
- 33 Anse de St BRIAC/MER (35)
- 34 Baie de LANCIEUX (22) (PLOUBALAY ; Baie de
BEAUSSAIS = 34 bis)
- 35 Estuaire de l'ARGUENON (22)
- 36 Baie de la FRESNAYE (22)
- 37 Estuaire de l'ISLET, Bouche d'ERQUY (Sables
d'Or-les-Pins, 22)
- 38 YFFINIAC (Baie de ST. BRIEUC, 22)
- 39 Ria du TRIEUX (22)
- 40 LANNEROS - TALBERT (22)
- 41 ILE GRANDE (22) (Est ; Ouest = 41 bis)
- 42 KERNELEHEN (29)
- 43 et 44 Rivière de MORLAIX (29) (LANNUGUY = 43
DOURDUFF = 44)
- 45 Estuaire de l'HORNE (29)
- 46 Anse de KERNIC (29)
- 47 GOULVEN - FLOUNEUR-TREZ (29)

- 48 Anse de GUISSENY (29)
- 49 LE CURNIC (29)
- 50 ABER WRACH (29)
- 51 ABER BENOIT (29)
- 52 ABER ILDUT (29)
- 53 LE CONQUET (29)
- 54 à 60 Rade de BREST (29) (FOREST-LANDERNEAU -
54 ; VERVIAN - 55 ; KERSANTON-KERZAFLOCH-
LANDREZEN = 56 ; ANSE DE PENFONT = 57, LE FAOU -
58, TERENEZ = 59 ; PONT-DE-BUIS - 60)
- 61 Estuaire du GOYEN (29) (PONT-CROIX ; AUDIERNE
= 61 bis)
- 62 Ile CHEVALIER (29)
- 63 Pointe de GAVRES (56)
- 64 et 65 Rivière d'ETHEL (56) (MENDON LOCOAL = 65)
- 66 PENTHIEVRE (56)
- 67 GOLFE DU MORBIHAN - NOYALO (56)
- 68 ST MOLF (44)
- 69 LA TURBALLE, PENBRON (44) (Salines = 69 bis)
- 70 Le de NOIRMOUTIER (85)
- 71 LA GUITIERE (85)
- 72 Pointe d'ARCAÏ (85)
- 73 Ile d'OLÉRON (17)

- 74 et 75 Estuaire de la SEUDRE (17) (= 74 ; MARENNES = 75)
 76 et 77 GIRONDE (17) (Les MONARDS = 76 ; PORT DE CONAC = 77)
 78 à 81 Bassin d'ARCACHON (33) (GUJAN = 78 ; ILE AUX OISEAUX = 79 ; LEGE ARES = 80 ; Le CLAUQUEY = 81)
 82 Capbreton (40)
 83 La Bidassoa (64)

MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

1) L'étude a été menée de la façon suivante :

Étude bibliographique du sujet et dépouillement de la documentation publiée et inédite entreposée à la Station de Phytosociologie de Bailleul.

Choix et délimitations sitologiques en fonction de ces informations

Étude floristique et phytocénologique au terrain permettant de confirmer ou de compléter les choix préalables pour la délimitation d'un éventail significatif de sites halophiles ou saumâtres atlantiques français.

Présentation synthétique des données vérifiées et toutes actualisées au cours des années 1978 et 1980 par une série de missions au terrain :

- pour l'ensemble des sites, selon un triple fichier floristique, phytocénologique et sitologique
- pour quelques sites selon une expression cartographique de la végétation actuelle (carte des groupements végétaux).

2) Les recherches sur le terrain ont consisté en quatre types d'actions :

Un recueil de données floristiques

La liste des plantes de chaque site a été établie. Le dépouillement de l'ensemble de ces listes a permis le calcul des indices de diversité et de rareté floristique ainsi qu'une expression cartographique des distributions sur la façade atlantique française. Dans ces mises en forme on n'a tenu compte que des données revues sur le terrain, excluant les indications bibliographiques non revues ; ceci dans un souci d'actualité. Par ailleurs, une étude taxonomique fine et précise a dû être menée pour quelques genres incertains comme le genre *Salicornia* aboutissant à une meilleure compréhension d'espèces critiques.

Un recueil de données phytocénologiques.

Dans chaque site, selon un ou plusieurs transects, de nombreux relevés phytocénologiques ont été établis (1.322 relevés au total), selon les règles de la phytosociologie classique. Ils ont permis l'élaboration de tableaux définissant les associations végétales des milieux halophiles et saumâtres. En outre, les informations synécologiques des relevés permettent de dégager la valeur indicatrice des espèces et des phytocénoses. D'autre part, à partir des listes des phytocénoses présentes dans les diverses stations, ont été calculés les indices de diversité et de rareté phytocénologiques et réalisées les cartes de distribution de ces groupements sur le littoral français.

Un recueil de données sitologiques.

Outre l'étude de la flore et de la végétation, une évaluation

quantitative de l'espace occupé par chaque phytocénose dans les différents sites a été tentée par les méthodes de la symphytosociologie. Il est ainsi possible d'avoir une information sur les surfaces approximatives occupées par chaque phytocénose halophile ou saumâtre en France. Dans l'étude sitologique, on a tenu compte des contacts (dunes, falaises, prés, marais...) dont la nature et la qualité sont précisées

Un levé cartographique de la végétation actuelle.

L'association est l'unité de base cartographiée à large échelle. Cette action a toutefois été limitée à quelques sites, dont la Baie du Mont-St-Michel, étant donné la signification assez limitée de telles cartes pour diverses raisons :

- la nécessité de regrouper en un seul signe de fréquentes mosaïques de groupements « pulvérisés » dans l'espace,
- de l'absence de documents de base cartographique actualisés,
- de la rapide et incessante dynamique du milieu rendant caduque ce genre de documents en quelques années.

Les actions terrain apparaissent donc sous la forme de 4 parties consacrées :

- au fichier floristique,
- au fichier phytocénologique,
- au fichier sitologique,
- aux cartes de végétation actuelle.

Nous en donnerons quelques exemples significatifs dans ce résumé synthétique, après l'exposé des principes de leur élaboration et des résultats obtenus.

1. LE FICHIER FLORISTIQUE.

Il a été réalisé à partir des observations terrain pour l'ensemble des espèces franchement halophiles ou simplement subhalophiles présentes dans les milieux vase et prés salés.

Chaque des 75 fiches floristiques publiées dans le rapport comporte :

- le nom scientifique de la plante,
- sa représentation morphologique,
- un résumé de ses caractères biocénologiques,
- la liste codée de ses stations et une carte de distribution

Nous donnerons en annexe quelques exemples de fiches simplifiées parmi les plus révélatrices de type d'aire de répartition.

L'attention est attirée sur le fait que les cartes, (comme les indices dont il sera parlé ultérieurement), ne concernent que les prairies salées. Elles n'expriment donc pas forcément l'aire complète des plantes susceptibles de vivre dans d'autres stations (par exemple, sur falaise, *Inula crithmoides* atteint l'Ouest Cotentin mais sur prés salés s'arrête dans le Trégorrois)

D'autre part, seules les données vérifiées sur le terrain au cours du contrat (1977 à 1979) dans la liste des sites étudiés, précédemment énumérées, sont reportées sur les cartes. Ce choix délibéré d'écarter les données anciennes, non revues, ou appartenant à de rares sites non visités ou de faible intérêt général (fragmentaire, très altéré), a été fait de façon à fournir une information parfaitement à jour et actualisée sur 1979

Les cartes figurent donc l'état de la distribution en 1979, pour les seuls sites étudiés des prairies salées de la façade atlantique.

Elles n'en reflètent pas moins avec sécurité l'aire de chaque plante et de chaque association sur notre littoral atlantique

a) *Les types de distribution.*

Ils ont été précisés grâce à ces cartes. Environ la moitié des 75 espèces de prés salés et des bordures saumâtres ou halonitrophiles ont une distribution générale sur le littoral atlantique français. Un très faible pourcentage possède une répartition

nordique (5 %) ou armoricaine (4 %). Près d'un tiers des espèces présente une distribution nettement occidentale avec limite absolue (ou d'abondance) dans le Cotentin et dans ce cortège, plus de 10 % sont répartis seulement du Morbihan à l'Espagne. Une espèce néophyte est en forte et rapide extension continue depuis le début du siècle : *Spartina townsendii* (cf tableau n°1)

TABLEAU I

Principaux types de distribution floristique sur les côtes atlantiques de France (Vases salées)

1) Distribution générale (38 taxons, 50,7 %)

<i>Agropyron x acutum</i>	<i>Oenanthe lachenali</i>
<i>Agropyron pungens</i>	<i>Parapholis sirigosa</i>
<i>Agropyron repens</i> var. <i>maritimum</i>	<i>Plantago intermedia</i>
<i>Agrostis stolonifera</i> var. <i>salina</i>	<i>Plantago maritima</i>
<i>Apium graveolens</i>	<i>Puccinellia fasciculata</i>
<i>Armeria maritima</i>	<i>Puccinellia maritima</i>
<i>Aster tripolium</i>	<i>Ruppia maritima</i>
<i>Atriplex hastata</i> var. <i>salina</i>	<i>Salicornia dolichostachya</i>
<i>Atriplex littoralis</i>	<i>Salicornia europaea</i>
<i>Beta maritima</i>	<i>Salicornia fragilis</i>
<i>Carex distans</i> var. <i>vikingensis</i>	<i>Salicornia obscura</i>
<i>Carex extensa</i>	<i>Sagina maritima</i>
<i>Carex otrubae</i> var. <i>subcontigua</i>	<i>Samolus valerandi</i>
<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>littoralis</i>	<i>Scirpus maritimus</i> var. <i>compactus</i>
<i>Glaux maritima</i>	<i>Scirpus tabernaemontani</i>
<i>Halimione portulacoides</i>	<i>Spergularia marina</i>
<i>Juncus gerardi</i>	<i>Spergularia media</i>
<i>Juncus maritimus</i>	<i>Suaeda maritima</i>
<i>Limonium vulgare</i>	<i>Triglochin maritima</i>

2) Distribution extra armoricaine (2 taxons, 2,6 %).

<i>Althaea officinalis</i>	<i>Artemisia maritima</i>
----------------------------	---------------------------

3) Distribution nordique à optimum en Manche (4 taxons, 5,3 %).

<i>Chenopodium chenopodioides</i>	<i>Juncus ambiguus</i>
<i>Halimione pedunculata</i>	<i>Spartina townsendii</i>

4) Distribution occidentale générale du Cotentin à l'Espagne (13 taxons, 17,4 %).

<i>Alopecurus bulbosus</i>	<i>Polypogon maritimum</i>
<i>Arthrocnemum perenne</i>	<i>Salicornia emerici</i>
<i>Frankenia laevis</i>	<i>Salicornia ramosissima</i>
<i>Hordeum marinum</i>	<i>Spartina maritima</i>
<i>Juncus acutus</i>	<i>Zostera marina</i>
<i>Limonium lychnidifolium</i>	<i>Zostera noltii</i>
<i>Limonium occidentale</i>	

5) Distribution occidentale à prédominance armoricaine (3 taxons, 4 %).

<i>Cochlearia anglica</i>	<i>Salicornia disarticulata</i>
<i>Festuca rubra</i> ssp. <i>pruinosa</i>	

6) Distribution centre et sud occidentale, du Morbihan à l'Espagne (7 taxons, 9,3 %)

<i>Angelica heterocarpa</i>
<i>Arthrocnemum fruticosum</i>
<i>Carex divisa</i>
<i>Inula crithmoides</i> (plus quelques exclaves en Manche)
<i>Salsola soda</i>
<i>Suaeda vera</i> (plus quelques exclaves en Manche).
<i>Triglochin bartheletii</i>

7) Distribution ponctuelle éparse (8 taxons, 10,7 %)

<i>Cotula coronopifolia</i>	<i>Scirpus ambiguus</i>
<i>Limonium humile</i>	<i>Scirpus americanus</i>
<i>Limonium ovalifolium</i>	<i>Spartina alterniflora</i>
<i>Ranunculus baudotii</i>	<i>Spartina juncea</i>

TABLEAU 2

Classement des espèces halophiles par degré de rareté dans le biotope des vases salées et sur les côtes atlantiques.

Espèces très rares	(Coefficient de rareté)
○ <i>Limonium humile</i>	98,2
+ <i>Spartina juncea</i>	98,2
★ <i>Limonium ovalifolium</i>	96,5
<i>Spartina alterniflora</i>	96,5
○ <i>Halimione pedunculata</i>	94,7
★ <i>Zostera marina</i>	94,7
○ <i>Puccinellia fasciculata</i>	89,5
Espèces rares	
<i>Artemisia maritima</i>	80,7
★ <i>Festuca rubra pruinosa</i>	80,7
<i>Salicornia emerici</i>	80,7
<i>Zostera noltii</i>	80,7
<i>Spartina maritima</i>	79,8
+ <i>Inula crithmoides</i>	77,2
+ <i>Arthrocnemum fruticosum</i>	75,4
+ <i>Suaeda vera</i>	75,4
★ <i>Limonium occidentale compactum</i>	70,2
Espèces assez rares	
<i>Limonium lychnidifolium</i>	64,9
<i>Salicornia disarticulata</i>	63
<i>Salicornia dolichostachya</i>	63
<i>Salicornia fragilis</i>	63
+★ <i>Cochlearia anglica</i>	61,4
<i>Frankenia laevis</i>	54,4
<i>Salicornia europaea</i>	54,4
<i>Salicornia obscura</i>	52,6
Espèces assez communes	
<i>Salicornia ramosissima</i>	42,1
<i>Spartina townsendii</i>	42,1
<i>Arthrocnemum perenne</i>	35,1
○ <i>Carex extensa</i>	35,1
<i>Limonium vulgare</i>	35,1
Espèces communes	
<i>Glauca maritima</i>	24,6
<i>Armeria maritima</i>	22,8
<i>Halimione portulacoides</i>	17,5
<i>Plantago maritima</i>	15,8
<i>Triglochin maritima</i>	15,8
<i>Scirpus maritimus</i>	14,03
<i>Aster tripolium</i>	12,3
<i>Spergularia marina</i>	12,3
<i>Spergularia media</i>	12,3
<i>Juncus maritimus</i>	10,5
<i>Parapholis strigosa</i>	10,5
<i>Suaeda maritima</i>	10,5
Espèces très communes	
<i>Festuca rubra littoralis</i>	8,8
<i>Juncus gerardi</i>	8,8
<i>Puccinellia maritima</i>	7
<i>Agropyron pungens</i>	5,3

TABLEAU 3

Espèces subhalophiles ou nitrohalophiles des bordures estuariennes présentant un caractère de rareté

Espèces très rares	I R
<i>Cotula coronopifolia</i>	96,5
★ <i>Carex divisa</i>	94,7
○ <i>Ranunculus baudouii</i>	94,7
<i>Scirpus americanus</i>	93,7
<i>Chenopodium chenopodioides</i>	92,9
+ <i>Alopecurus bulbosus</i>	91,2
★ <i>Salsola soda</i>	89,5
Espèces rares et assez rares	
<i>Holcus maritimus</i>	86
★ <i>Ruppia maritima</i>	84,2
★ <i>Scirpus unguis</i>	84,2
<i>Polypogon maritimus</i>	80,7
<i>Atriplex littoralis</i>	71,9
★ <i>Carex otrubae</i> var. <i>subconjugata</i>	68,4
★ <i>Althaea officinalis</i>	63,15
★ <i>Samolus valerandi</i>	63,15
<i>Apium graveolens</i>	61,4
<i>Carex distans</i> var. <i>vikingsensis</i>	61,4
<i>Juncus ambiguus</i>	61,4
<i>Scirpus tabernaemontani</i>	59,6

b) Le degré de rareté des espèces.

Le coefficient de rareté d'une espèce est calculé par l'expression :

$$CR \text{ sp.} = \frac{\text{Nombre total des sites} - \text{Nombre de fois où l'espèce est présente}}{\text{Nombre total des sites}} \times 100$$

Ce coefficient a permis le classement des espèces halophiles par degré de rareté qu'exprime le tableau n°2 qui a été effectué en fonction des données relevées dans les biotopes des prairies salées et sur les côtes atlantiques.

Espèces dont la rareté doit être «tempérée» en raison de leur présence dans d'autres milieux (*) ou dans d'autres régions géographiques françaises (méditerranée p.e.) (+).

Espèces dont le caractère d'intérêt doit être augmenté en raison de la fragilité et de la faible abondance de leurs populations (0).

Le même type de classement a été effectué pour les espèces subhalophiles ou nitrohalophiles des bordures estuariennes (Tableau n°3).

Ces tableaux de classement montrent donc que la seule présence dans un site d'espèces aussi rares et fragiles que *Limonium humile*, *Limonium ovalifolium*, *Halimione pedunculata* et même *Puccinellia fasciculata* ou *Ranunculus baudouii* devrait constituer en soi un puissant argument conservatoire pour ce site, dans l'optique de la préservation du patrimoine floristique halophile français.

De ce point de vue, les sites suivants prennent une valeur toute particulière et méritent une attention spéciale lors de

décisions éventuelles de mise en réserve.

- le Fort vert (62) - site n°2
- la baie d'Authie (62) - site n°5
- la baie de la Somme (80) - site n°8
- la baie des Veys (14) - site n°10
- les prés de Barfleur et Neville (50) - sites n°13 et 14
- la baie du Mont St. Michel (Roche Torin et polder est) (50) sites n°25 et 26.
- la baie de la Fresnaye (22) - site n°36
- la rade de Brest à Kersanton et Rostriviec (29) - sites n°56 et 57
- la baie de Talmont (85) - site n°71
- la pointe d'Arcay (85) - site n°72
- l'estuaire de la Gironde à Port de Conac (17) - site n°77.

2. LE FICHIER PHYTOCENOLOGIQUE

Nous décrivons dans cette deuxième partie les principaux groupements végétaux ou phytocoenoses (généralement du niveau association) présents sur les vases salées et dans les sites halophiles atlantiques français. Nous y joignons les syntaxons les plus représentatifs des zones de contacts conditionnées par les prés salés ou appartenant aux milieux saumâtres.

Ces unités syntaxonomiques sont définies le plus souvent par un tableau synthétique, expression résumée de tableaux détaillés de relevés phytocologiques dont la publication n'était pas possible. Les 1322 relevés phytosociologiques étayant cette synthèse phytocénologique et effectués dans le cadre du contrat indépendamment des données de la bibliographie, sont consultables à la station de phytosociologie de Baillie où ils sont déposés.

Chacune des fiches phytocénologiques publiées dans le rapport comporte :

- le nom du groupement végétal,
- un tableau floristique, généralement synthétique,
- des commentaires synécologiques,
- la liste de stations où le groupement a été observé,
- une carte de distribution

Nous donnons en annexe quelques exemples de fiches simplifiées parmi les plus significatives de type d'aire de répartition.

a) Les types de répartition.

Près de 60 % des 49 syntaxons répertoriés dans les prairies saumâtres et salées du littoral atlantique ont donc une distribution générale, mais 4 % d'entre eux évitent la presqu'île armoricaine. Il y a moins de 10 % de groupements à répartition nordique, mais 20 % n'apparaissent qu'à l'Ouest du Cotentin. Mais on insistera surtout sur le fait que 10 % des communautés végétales de vases salées sont endémiques du littoral français (cf. tableau n°4).

b) Le degré de rareté des phytocoenoses.

Le coefficient de rareté d'une phytocoenose est calculé par l'expression.

$$CR_{ph} = \frac{\text{Nombre total des sites} - \text{Nombre de fois où la phytocoenose est présente}}{\text{Nombre total des sites}} \times 100$$

Ce coefficient a permis le classement des phytocoenoses

TABLEAU 4

Principaux types de distribution phytocénologique sur les côtes atlantiques

1) Distribution générale (26 syntaxons, 53,1 %).

Agropyretum acuti
Agropyro-Rumicetum (saumâtre)
Agrostio-Caricetum vikingensis
Astero-Puccinellietum fasciculatae
Astero-Suaedietum maritima
Atriplici-Agropyretum repens
Atriplici-Betuletum
Beto-Agropyretum pungentis
Beto-Atriplicetum litoralis
Festucetum litoralis
Halmionio-Puccinellietum maritimae
Juncetum gerardii
Junco-Caricetum extensae
Junco-Festucetum arundinaceae
Oenantho-Juncetum maritimi
Parapholiso-Hordeetum
Parapholiso-Saginetum maritimae
Phragmitetum saumâtre
Plantaginis-Limonietum (manque extrême N.W. armoricain)
Ruppium maritima
Sagino-Cochlearietum
Salicornietum dolichostachyae
Salicornietum europaeae
Salicornietum obscurae
Scirpetum maritimi
Suaedietum maritimae

2) Distribution générale, armoricaine exclue (2 syntaxons, 4,1 %)

Agropyro-Althetum
Artemisietum maritimae

3) Distribution nordique (4 syntaxons, 8,2 %).

Halmionetum portulacoidis
Puccinellietum distantis
Scirpetum tabernaemontani
Spartinetum townsendii

4) Distribution occidentale générale, du Cotentin à l'Espagne (7 syntaxons, 14,2%).

Bostrychio-Halmionetum
Puccinellio-Arthrocnemum perennis
Puccinellio-Salicornietum emerici
Puccinellio-Salicornietum ramosissimae
Spartinetum maritimae
Zosteretum marinae
Zosteretum noltii

5) Distribution centre et sud occidentale (3 syntaxons, 6,1 %).

Agropyro-Inuletum crithmoidis (avec quelques exclaves en Manche)
Agropyro-Suaedietum verae (avec quelques exclaves en Manche)
Puccinellio-Arthrocnemum fruticosi

6) Distribution éparse (2 syntaxons, 4,1 %)

Ranunculetum baudouii
Spartinetum alterniflorae

7) Associations endémiques françaises (5 syntaxons, 10,2 %).

Angelisetum heterocarphae (Centre Ouest)
Apio-Scirpetum amphibiae (Centre Ouest)
Cochleario-Frankinetum (Nord Finistère)
Cochleario-Plantaginetum (Nord Finistère)
Frankenio-Limonietum lychnidifoliae (Centre Ouest et Golfe normand-breton)

halophiles et de bordure par degré de rareté (Tableaux n°5 et n°6).

3. LE FICHIER SITOLOGIQUE

1) Les fiches sitologiques.

Dans ce fichier figure une description de chacun des 83 sites répertoriés et étudiés sur les côtes atlantiques françaises.

Chaque fiche comporte : une localisation administrative et topographique ; des éléments de description géomorphologique et d'évaluation de surface ; une appréciation sommaire des influences humaines ; une analyse détaillée de la diversité floristique (avec liste des espèces) ; une analyse détaillée et quantifiée des phytocoenoses selon l'échelle : 5 — 1 km² ; 4 — 10 ha ; 3 — 10.000 m² ; 2 — 1000 m² ; 1 — 100 m² ; + — 10 m².

TABLEAU 5

Classement des phytocoenoses halophiles par degré de rareté dans les prairies salées atlantiques

Phytocoenoses très rares	CR ph
<i>Spartinetum alterniflorae</i>	94,5
★ <i>Zosterium mariniae</i>	94,5
○ <i>Cochleario-Frankenietum</i>	91,2
Phytocoenoses rares	
<i>Puccinellio-Salicornietum emeric</i>	87,9
<i>Artemisietum maritima</i>	86,8
<i>Parapholiso-Hordeetum marini</i>	86,8
<i>Agropyro-Inuletum erithmoidis</i>	85,7
<i>Spartinetum maritima</i>	84,6
<i>Puccinellio-Arthrocnemum fruticos</i>	83,5
<i>Agropyro-Suaedetum verae</i>	82,4
<i>Halmionetum portulacoidis</i>	82,4
<i>Zosterium noltii</i>	82,4
○ <i>Cochleario-Plantaginietum</i>	81,3
○ <i>Frankenia-Limonietum lychnidifoliae</i>	75,8
<i>Suaedetum maritima vulgaris</i>	75,8
Phytocoenoses assez rares	
<i>Salicornietum dolichostachyae</i>	68,1
<i>Salicornietum europaeae</i>	68,1
<i>Salicornietum obscurae</i>	63,7
<i>Astero-Suaedetum maritima</i>	61,5
<i>Junco-Caricetum extensae</i>	50,5
<i>Plantagini-Limonietum</i>	50,5
Phytocoenoses assez communes	
<i>Puccinellio-Salicornietum ramossissimae</i>	47,2
<i>Puccinellio-Arthrocnemum perennis</i>	46,1
<i>Spartinetum townsendii</i>	43,8
<i>Bostrychio-Halmionetum</i>	40,6
Phytocoenoses communes	
<i>Junctetum gerardi</i>	22
<i>Festucetum littoralis</i>	19,8
<i>Beta-Agropyretum pungens</i>	12,1
<i>Halmiono-Puccinellietum maritima</i>	12,1

TABLEAU 6

Phytocoenoses des bordures estuariennes présentant un caractère de rareté pour l'ensemble des sites concernés

Phytocoenoses très rares	CR ph
+ <i>Ranunculetum boudotii</i>	97,8
○ <i>Helicochartretum amphibiae</i>	97,8
○ <i>Sagina-Cochlearietum</i>	96,7
○ <i>Convolvulo-Angelicetum heterocarphae</i>	94,5
<i>Astero-Puccinellietum fasciculatae</i>	93,4
★ <i>Ruppium maritima</i>	92,3
<i>Oenanthe-Junetum maritimi</i>	90,1
Phytocoenoses rares	
<i>Agrostio-Caricetum vikingensis</i>	86,8
★ <i>Scirpium iabaenaemontani</i>	80,2
<i>Junco-Festucetum arundinaceae</i>	78
<i>Agropyro-Althaeetum</i>	72,5
<i>Agropyretum acuti</i>	68,1
★ <i>Agropyro-Rumicetum (saumâtre)</i>	60,4

Phytocoenoses dont la rareté doit être «tempérée» en raison de leur présence dans d'autres milieux (*), ou d'autres régions géographiques françaises (+).

Phytocoenoses endémiques françaises, dont l'intérêt est de ce fait accru (○)

Le symbole indique la forme dans l'espace du groupement (= ponctuel, / = linéaire, 0 = spatial) ; une indication qualitative des contacts ; des données sur le type paysager ; les indices de diversités floristique et phytocoenotique et la valeur biocénotique.

Nous donnons en annexe un exemple de fiches concernant quelques sites parmi les meilleurs

2) La hiérarchisation synthétique des sites.

A - MÉTHODE

Cette hiérarchisation est basée sur l'expression de la valeur végétale des sites qui met en jeu une série de coefficients de diversité et d'originalité de la flore et de la végétation.

1. Les coefficients de diversité

a) Le coefficient de diversité floristique d'un site est obtenu par l'expression

$$CD_{sp} = \frac{\text{Nombre d'espèces du site}}{\text{Nombre total d'espèces halophiles}} \times 100$$

b) Le coefficient de diversité phytocoenotique d'un site est obtenu par l'expression

$$CD_{ph} = \frac{\text{Nombre de phytocoenoses du site}}{\text{Nombre total de phytocoenoses halophiles}} \times 100$$

c) Le coefficient de diversité des contacts d'un site est fourni par l'expression

$$CD_c = \frac{\text{Nombre de phytocoenoses en contact du site}}{\text{Nombre total de phytocoenoses en contact possible}} \times 100$$

TABLEAU 7
Coefficient de valeur végétale

Ordre de classement du site	Localisation du site	N° du site	Valeur du site
1	Baie du Mont St-Michel	27	286,06
2	Bassin d'Arcachon	78 à 81	244,79
3	Rade de Brest	54 à 60	228,50
4	Lanneros	40	224,69
5	Estuaire de l'Islet (Sables-d'Or-les-Pins)	37	218,18
6	Estuaire de la Seudre	74	216,85
7	Baie d'Authie	5	211,98
8	Ile Chevalier	62	206,06
9	Golfe du Morbihan ; Anse de Noyal	67	204,56
10	Baie de la Canche	4	203,50
11	Baie de St-Germain/Ay	19	202,75
12	Baie de la Fresnaye	36	202,39
13	Hâvre de Surville/Mer	18	200,30
14	Baie des Veys	10	199,04
15	Baie de la Somme	6 à 8	197,70
16	Anse de Kernic	46	194,45
17	Rivière d'Étel	64 et 65	192,33
18	Baie de Lanceloux	34	189,90
19	Hâvre de Bréhal	23	189,30
20	Plouharnel-Penthièvre	66	189,15
21	Le Conquet	53	186,04
22	Ile Grande	41	14,11
23	Câvres	63	181,45
24	Pointe d'Arcay	72	181,23
25	Hâvre de Régneville/Mer	22	180,89
26	Goulven-Plouneour-Trez	47	180,64
27	Ile de Noirmoutier	70	179,50
28	La Guitière	71	179,50
29	Hâvre de Portbail/Mer	17	177,88
30	La Turballe Penbron	69	176,91

2. Les coefficients d'originalité

a) Le coefficient d'originalité spécifique d'un site est obtenu par l'expression :

$$C O s p = \frac{\sum \text{des } C R s p}{\text{Nombre des espèces du site}}$$

b) Le coefficient d'originalité phytocoenotique d'un site est obtenu par l'expression :

$$C O p h = \frac{\sum \text{des } C R p h}{\text{Nombre des phytocoenoses du site}}$$

3. Le coefficient de valeur spécifique et phytocoenotique

Le coefficient de qualité spécifique et biocoenotique d'un site syn-

thétise les données fournies par les expressions précédentes, soit :

$$C V s.p. = C D s p + C D p h + C O s p + C O p h + \frac{C D c (1)}{2}$$

4. Le coefficient de valeur biologique (végétale) pourra compléter le précédent à l'avenir. La valeur biologique du site sera fournie finalement par l'addition au coefficient de qualité spécifique et biocoenotique d'un coefficient de surface écosystémique (2), C s.e. et d'un coefficient d'endémisme, C E (3).

$$V B = c v s p + C s e + C E$$

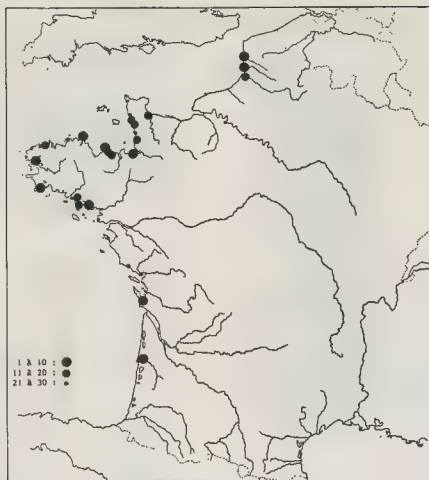
B - RÉSULTATS

Un tableau général de hiérarchisation des sites (Tableau n°7) classe les différents sites étudiés en fonction de leur valeur végétale décroissante. La carte n°2 en précise la localisation.

(1) La valeur des phytocoenoses de contact n'est prise en considération que pour moitié par rapport aux phytocoenoses du site lui-même.

(2) Qui est en fonction de la surface du site, par tranche de 10 points par km² et de l'état de conservation du milieu (expressions punies si le site est en bon état, au 1/2 si le site est plus ou moins altéré, au 1/4 si le site est très altéré).

(3) Qui est une fonction du nombre d'espèces et phytocoenoses endémiques françaises ou se trouvant en limite d'aire. Il n'y a pas de redondance avec la rareté, car une espèce endémique peut être largement répandue sur la côte française, tandis qu'une espèce très rare peut être commune sur le littoral d'autres pays. On donne 10 points par espèce ou phytocoenose endémique, 5 points par espèce ou phytocoenose en limite absolue ou en esclaves très isolées.



CARTE N° 2: REPARTITION DES SITES DE VASES SALEES
PAR CATEGORIE DE VALEUR VEGETALE
(30 premiers sites)

4. DESCRIPTION DE LA VÉGÉTATION ACTUELLE

1. INTRODUCTION.

Site prestigieux de toute beauté, la baie du Mont St-Michel est aussi la plus vaste étendue de prés salés des côtes françaises. De Genêts (Nord d'Avranches) au Vivier (Ouest du Mont) ce sont près de 40 km² d'herbus et de végétation de hautes shikkes qui recouvrent les tangles. Les 3/4, ou presque, de ces prairies sont concentrées de part et d'autre du Mont St-Michel, formant des «polders», Est (de la Roche Torin au Mont) et Ouest (du Mont à Cherruex).

La situation de la Baie, dans le fond du golfe normand breton, l'extrême platitude de l'estran de Cancale à Grandville, l'action de courants marins souvent contraires, l'amplitude énorme des marées (parmi les plus fortes du monde) créent d'importants mouvements et dépôts de sédiments qui tendent à colmater la baie et à encaisser le Mont dans les terres.

Les dépôts sédimentaires se sont considérablement amplifiés au cours des dernières années à l'Est du Mont tandis qu'inversement le front occidental des grands polders Ouest (vers Cherruex) présentent des signes manifestes d'érosions.

Durant le levé cartographique (1977 et 1978) nous avons pu constater une sédimentation annuelle de l'ordre de 10 cm à 20 cm juste à l'Est du Mont (notamment par l'observation de la

profondeur d'entoussement des tiges annuelles des végétaux) et une progression vers le Nord des plages vertes à *Salicornes* et *Soudes* puis des herbues à *Puccinellia*, de plusieurs centaines de mètres chaque année. Ces observations témoignent du processus d'encerclement végétal du Mont St-Michel, désormais plus au «péril vert» qu'à celui de la Mer.

Il faut prendre conscience du fait que le processus de sédimentation s'accroît encore à partir du moment où le tapis végétal ayant pris pied il freine le mouvement de l'eau et favorise la chute des particules solides. Cette situation, grave pour l'avenir maritime prochain du Mont, est la conséquence d'une évolution séculaire, fortement accélérée par une suite d'erreurs d'aménagements : jadis construction de la digue submersible de la Roche Torin et de la route digue d'accès au Mont, toutes deux redoutables pièges à sédiments, et, tout récemment, fermeture du chenal du Couesnon par une écluse.

2. DÉTAIL DE LA VÉGÉTATION.

2.1. La végétation des prés salés du Mont St-Michel, au moins dans la moitié la plus continentale, est très marquée par le pâturage intensif des troupeaux de moutons. Ce qui a souvent pour conséquence un excès d'appauvrissement floristique et une sélection de quelques groupements au détriment des autres. Sont ainsi favorisées des végétations du type *Puccinellietum maritima*, *Salicornietum ramosissimae*, *Juncetum gerardii*... Le pâturage s'estompant vers les grèves, la végétation est moins perturbée, mais souvent appauvrie par une sédimentation et une dynamique trop active. La valeur biologique et la richesse floristique et phytocœnotique de l'ensemble de la baie s'explique plus par l'immensité des surfaces et des potentialités que par la réelle variété des sites qui la constituent. Le plus intéressant dans les sites de la baie est sans aucun doute celui de la Roche Torin où d'intéressantes séquences de prés saumâtres apparaissent et où vit l'une des espèces françaises les plus rares : *Halimione pedunculata*.

La cartographie de la végétation réalisée en 1977-78 a fait apparaître quatorze types principaux de communautés végétales et les traits essentiels de leur répartition à cette époque. Les indications ci-dessous en précisent les grandes lignes, mais ne doivent pas masquer le fait qu'il existe de fines mosaïques de divers groupements pénétrant souvent les types principaux.

2.2. Végétation halophile pionnière annuelle des tangles (*Salicornietea*).

2.2.1. Ce sont d'abord les groupements de *Salicornes* tetraploïdes qui colonisent les vases et tangles des vastes étendues des slikkes supérieures. Il s'agit essentiellement des *Salicornietum dolichostachyae* et *fragilis*.

2.2.1.1. Le *Salicornietum dolichostachyae* typique apparaît le premier, sur les vases molles ou les sédiments encore meubles. Formé à peu près exclusivement de l'espèce *S. dolichostachya*, il se présente sous l'aspect de peuplements très lâches avec une couverture faible (5 à 10 %). Il apparaît dans la zone d'active sédimentation des polders ouest et surtout est.

Une intéressante variante, avec la forme *nudiformis* de *S.*

dolichostachya existe sur les estrans sableux à l'Est de la Chapelle St-Anne en Cherruex.

2.2.1.2. Le *Salicornietum fragilis* se développe généralement sur les plateaux limoneux plus stabilisés et forme des peuplements beaucoup plus denses dans lesquels apparaissent généralement, outre *Salicornia fragilis*, *Suaeda maritima* et quelques autres *Salicornia* du groupe des diploïdes. C'est le groupement le plus répandu sur les tangles en voie de colonisation phanérogamique.

2.2.2. Ce sont aussi les groupements de *Salicornes* diploïdes présentes dans les clairières des prés salés du shore, essentiellement du *Puccinellietum maritima*.

2.2.2.1. Le *Salicornietum obscurae* est relativement peu étendu. Il occupe en frange discontinue, la base de l'*Halimionietum* et peut se développer dans les clairières du *Puccinellietum* primaire aux limites inférieures du shore.

2.2.2.2. Le *Puccinellio-Salicornietum ramosissimae*, assez fréquent en Baie du Mont St-Michel, occupe, lui, les clairières et petites cuvettes du haut shore, dans le *Puccinellietum* secondaire. Il est surtout très développé dans la partie occidentale, plus maritime, du grand polder ouest où il paraît favorisé par le pâturage intensif.

2.3. La végétation halophile pionnière vivace des tangles (*Spartinetea*).

Ce sont les groupements de *Spartines*.

2.3.1. Le *Spartinetum townsendii*.

Cette association néophyte, apparue fréquemment en Baie du Mont St-Michel, n'y occupe pas encore de très vastes surfaces. Elle apparaît en îlots dans toute la zone des *Salicornietum* tetraploïdes. Ses populations y sont jusqu'à présent moins denses que dans bien des sites à granulométrie plus fine que les tangles (Baie des Veys par exemple) qui ne représentent sans doute pas l'optimum édaphique pour le *Spartinetum townsendii*. Le *Spartinetum maritima* manque totalement dans la Baie du Mont St-Michel.

2.4. Végétation des prairies salées sous frutescentes et sempervirentes (*Arthrocnemetea*).

Elle est représentée en Baie du Mont St-Michel par deux associations :

2.4.1. Le *Puccinellio-Arthrocnemetum perennis*, association occidentale dont la position biogéographique usuelle se situe en limite du shore et de la slikke sur des substrats assez stables et dans des conditions de légère agitation de l'eau de submersion (vaguelette et courant) et rarissime en Baie du Mont St-Michel où nous n'en avons observé que de très petites surfaces sur la rive ouest du Couesnon en bordure nord des herbues.

2.4.2. L'*Halimionietum portulacoides*.

La prairie argentée, sous-frutescente et sempervirente cou-

vre de vastes étendues du schorre dans les niveaux moyens et inférieurs si le pâturage n'est pas trop intense et si le substrat se ressuie bien après inondation. Les plus grandes étendues se rencontrent dans le polder ouest et au sud de Genêts, ou dans la zone de pacage régulier. Le groupement est en voie de développement à partir du *Puccinellietum maritumae* dans toute la zone d'intense sédimentation et de la partie nord du Polder est.

La prairie à *Halmione* est représentée au Mont St-Michel par la forme Nord orientale du groupement présent dans toute la Manche de l'Est, i.e. l'*Halmionetum portulacoidis*, et non par la forme Sud occidentale du *Bostrychio-Halmionetum*.

2.5. La végétation des prairies salées hémicryptophytiques (*Asteretea*).

Elle occupe la majeure partie des prés salés de la Baie, et se différencie en 6 associations différentes :

2.5.1. L'*Halmiono-Puccinellietum maritumae*

C'est par excellence le « pré salé » du schorre mais il y occupe généralement deux situations à signification différente :

2.5.1.1. Le *Puccinellietum* primaire est localisé en bordure des slikkes et succède habituellement aux *Salicornietum* tétraploïdes. Il y forme dans ces positions des franges plus ou moins larges et durables selon la rapidité des processus phytodynamiques ultérieurs. Le *Puccinellietum* ne subsiste ordinairement pour constituer une prairie assez stable que dans les endroits trop mal ressuyés après la marée pour permettre le développement de l'*Halmionetum* qui redoute autant l'asphyxie des racines que l'abrutement. Partout ailleurs, où les tangues sont suffisamment drainées ou perméables, le *Puccinellietum* est très rapidement colonisé par l'*Halmionetum* qui peut être considéré comme le groupement « climacique » du schorre.

2.5.1.2. Le *Puccinellietum* secondaire, probablement le plus extensif en Baie du Mont St-Michel, provient du blocage de l'évolution végétale par le pâturage, notamment au détriment de l'*Halmionetum* et se développe dans les niveaux plus élevés du schorre. Il est souvent beaucoup plus riche floristiquement.

C'est le groupement des prés salés le plus appétant pour le bétail.

2.5.2. Le *Festucetum littoralis*

Cette pelouse dense et fine, dominée par la fétuque, envahit les portions élevées du schorre de plus en plus rarement inondées, partout où les tangues ne reçoivent pas d'humectation phréatique continentale. Elle tend à se développer de plus en plus largement à l'Est de la digue-route et sur le Polder ouest.

2.5.3. Le *Beto-Agropyretum pungentis*.

C'est l'extrême frange bordière vivace des prés salés, sur substrat rarement immergé mais enrichi en matières organiques. C'est une prairie de hautes herbes raides et glauques peu appétentes. Il est présent non seulement aux pieds des digues mais souvent aussi en bordure des chenaux internes dans la zone d'active accumulation de sédiments et peut ainsi se pré-

senter sous forme d'îlots allongés au milieu des autres associations de prés salés.

L'extrême continentalisation de cette association mène à l'*Agropyro-Althactum* observable en linéaire vers Genêts et ponctuellement à la Roche Torin.

2.5.4. Le *Juncetum gerardii*

Cette pelouse très rase, souvent intensément pâturée, dont le fond herbacé est constitué par le petit jonc de Gérard, occupe la partie du schorre légèrement imprégnée d'eau douce phréatique. Sinon, sa position bionomique est comparable à celle du *Festucetum littoralis*. C'est dans la portion interne du Polder Est que le *Juncetum gerardii* occupe les plus grandes surfaces en Baie du Mont St-Michel.

2.5.5. Le *Frankenio-Limonietum lychnidifoli*

Il s'agit d'une pelouse sèche ouverte, installée sur des sédiments sableux dans les zones rarement touchées par la marée, dans laquelle abondent les deux *Limonium*, *occidentale*, var. *compactum* et *lychnidifolium*.

Le groupement du Mont St-Michel est fragmentaire car *Frankenia laevis* y manque. Il n'existe d'ailleurs qu'au Sud de la digue submersible de la Roche Torin sur un bourrelet limono-sableux.

2.6. La végétation des dépôts organiques des laines de mer (*Cakiletea*).

Elle est représentée par le seul *Atriplici-Betetum* qui apparaît en pointillés au pied des digues sur les amas organiques déposés par les grandes marées.

2.7. La végétation des prairies en voie de continentalisation (*Molinio-Arrhenatheretea*)

Il s'agit de prairies pâturées saumâtres, relevant de l'*Agropyro-Rumicion crispi*, riches en *Agrostis stolonifera*, *Lotus tenuis*, *Trifolium fragiferum*, *Centaurium pulchellum*, *Hordeum secalinum*, *Alopecurus bulbosus*..., issues de l'atterrissement du *Juncetum gerardii*. Dans quelques cas, on peut reconnaître l'association de l'*Agrostio-Caricetum vikingensis*, ainsi que celle du *Juncio-Festucetum arundinaceae*.

Ces prairies sont principalement concentrées dans l'angle interne ouest de la Roche Torin où le pâturage des bovins l'emporte sur celui des ovins. Dans leurs dépressions, très exceptionnellement atteintes par la marée se développent au milieu des vestiges du *Juncetum gerardii* ou d'un *Puccinellietum maritumae* à caractère saumâtre et riche en *Agrostis salina*, de belles populations du très rare *Halmione pedunculata*.

2.8. La végétation des Roselières saumâtres (*Bolboschoenetea*)

Ces roselières apparaissent dans le haut des prés salés fortement imbibés d'eau douce par effet, soit de sourcement phréatique, soit d'étalement de ruisselets adjacents au rivage.

On peut y distinguer principalement des *Phragmitetis* dans les zones les plus déchlorurées, et des *Scirpaeis maritimes* sur les substrats nettement saumâtres ; plus rarement entre les deux, des groupements à *Scirpus tabernaemontani*.

Ces roselières sont surtout développées vers le Nord-Est, c'est-à-dire vers Avranches et Genêts.

2.9. Autres végétations.

Quelques types de végétation, trop localisés pour que leur cartographie mérite d'être envisagée, sauf à très grande échelle, doivent être mentionnés pour leur intérêt biologique. Ce sont notamment :

2.9.1. *L'Astero-Puccinellietum fasciculatae*, très rare prairie glauque, ouverte, des sols saumâtres et tourbeux, des alluvions des abreuvoirs piétinés par le bétail qui a été observé une seule fois à l'intérieur de la digue des Polders Est entre la Petite Grève et le Polder de St-Avit.

2.9.2. *Le Ranunculetum boudotii*, rare groupement aquatique des eaux saumâtres, observé seulement dans une mare du Polder Morvan, en deçà des digues du Polder Est.

2.9.3. *Le Parapholis-Saginetum*, association de petites thérophytes, colonise les interstices des végétations vivaces (*Puccinellietum* et *Festuetum*) du très haut schorre, en situation de topographie tout à fait plate et sur limon.

2.9.4. *Le Parapholis-Hordeetum marini* forme un «voile» d'annuelles sur les végétations vivaces (*Puccinellietum* et *Festuetum*) du très haut schorre, en situation de topographie tout à fait plate et sur limon.

Il est favorisé par le pâturage. Rare en marge du Polder Est (la Petite Grève), il est bien développé en bordure des digues du Polder Ouest (plus particulièrement face au Polder Fremont).

CONCLUSIONS

Le mémoire a été subdivisé en quatre parties principales qui font l'objet d'un bref rappel. En final nous insisterons sur les problèmes de conservation des sites halophiles atlantiques français.

1. La première partie du mémoire (ou fichier floristique) établit le bilan floristique (espèces subhalophiles, ou des milieux saumâtres, et halonitrophiles), soit 45 espèces halophiles à proprement parler des prés et vases salées, et 30 espèces significatives des contacts saumâtres et halonitrophiles.

Pour chaque espèce un commentaire écologique succinct et une carte de distribution actualisée en 1979 par contrôle sur terrain ont été donnés (quelques exemples figurent en annexe). Les types de répartition et les degrés de rareté des espèces sont précisés.

2. La deuxième partie (ou fichier phytocoenologique) traite des groupements végétaux parmi les plus représentatifs des vases salés et milieux saumâtres.

L'étude met en évidence l'existence de 40 groupements ou

associations de prairies salées sur les côtes atlantiques françaises. Chacun de ces groupements a été généralement défini à l'aide de nombreux relevés phytocoenologiques réunis dans un tableau synthétique. Un court commentaire de signification écologique et une carte de distribution accompagnent toutes ces phytocoenoses. En annexe figurent quelques exemples. Les types de distribution et les degrés de rareté des phytocoenoses sont donnés.

3. La troisième partie (ou fichier sitologique) décrit chacun des 83 sites étudiés en en résumant la situation géographique, les caractéristiques géomorphologiques les influences humaines et les altérations subies, les bilans floristiques et phytocoenologiques.

A la fin de cette partie, un classement hiérarchisé des sites est proposé, tenant compte notamment de leurs richesses (ou diversités) en espèces et en phytocoenoses et de la rareté de celles-ci.

Du point de vue de la flore et de la végétation, ce classement devrait être un guide pour l'établissement des priorités de protection.

4. La quatrième partie est consacrée à la cartographie de la végétation actuelle de trois parmi les meilleurs sites halophiles des côtes françaises, la Baie de la Canche, la baie du Mont St-Michel et l'estuaire de Sables-d'Or-les-Pins. Seul le cas du Mont St-Michel est commenté dans cet extrait.

POST FACE ou réflexions sur la dégradation, la protection et la restauration des sites halophiles français.

1. DÉGRADATION

Tout au long de ces deux années de travail et d'intense prospection des sites (tous ont été parcourus au moins 2 fois et souvent plus), nous avons été très frappés par la permanence voire l'aggravation des menaces si ce n'est même l'accélération des dégradations.

La destruction pure et simple de très vastes sites par l'ancien (mais désuet) procédé de poldérisation (endiguements, renoctures...) à des fins agricoles est hélas toujours d'actualité.

Après la baie de l'Aiguillon, la zone interne du Havre de Lessay vient d'être détruite, et l'on parle de nouvelles amputations de ce site remarquable. Il y a quelques années une partie importante de la Baie de Maye fut renclousée dans des conditions administratives peu claires... Pour ne citer que quelques exemples.

Les altérations et «mitages» sont tout aussi inquiétants parce qu' généralisés. Il n'est guère de baie, estuaire, pré salé, qui ne reçoivent de plus en plus leur lot d'ordures, de décomposés, de restes de bocages... Plus les ramifications du pré salé deviennent ténues et l'atterrissement prononcé, plus elles sont menacées. Or ce sont ces longues chaînes d'atterrissement progressif qui assurent le maximum de diversité et hébergent les espèces les plus rares (*Halimione pedunculata* par exemple, ou encore *Limonium humile*). Ces dégradations sont l'oeuvre de particuliers ou de petits groupes privés mais parfois aussi de collectivités, de municipalités par exemple à Landernau ou à Pont Croix.

Dans les paysages très plats, tels ceux du golfe d'Étel, il suffit parfois de petites levées de terre de quelques décimètres

de haut pour arrêter le flot et permettre à des particuliers de s'emparer de vastes étendues du domaine public maritime et ruiner de remarquables écosystèmes sans réaction apparente de l'administration.

Une pratique néfaste tend à se développer dans l'Ouest, celle du dérouillage de socs de charnues dans les prés salés dont le labour de larges bandes favorise la destruction de la végétation et l'accélération des processus d'érosion.

L'accroissement de l'eutrophisation des eaux littorales tend aussi à appauvrir la flore des prés salés en de nombreux secteurs de la côte nord armoricaine par exemple, littéralement écrasée l'été par les amas d'*Ulva lactuca*, sans parler des atteintes dues aux marées noires sévères en quelques points, tels que l'île Grande. Et bien d'autres actions de dégradation sont encore à rappeler pour leur aggravation tels que creusements de mares, de viviers, remblaiements et loissements, fréquentation excessive.

2. PROTECTION.

Tous les prés salés atlantiques méritent une attention conservatoire en raison de leur signification écosystémique qui ne pouvait pas être prise spécialement en compte dans ce travail mais qu'on ne peut ignorer ; l'importance écosystémique vis-à-vis des populations d'oiseaux par exemple, mais plus encore vis-à-vis des chaînes nutritionnelles marines.

L'importance de ces milieux et du moindre d'entre eux du point de vue des écosystèmes littoraux et marins et de leurs échanges, autant que de leur productivité est telle qu'aucune vaseuse ou pré salé ne devrait plus être sacrifié.

La présente étude basée essentiellement sur une argumentation floristique apporte des arguments pour une hiérarchie des actions conservatoires à mener. Une trentaine de ces sites mériteraient de faire l'objet de mesures de protection nationales avec statut de réserves naturelles par exemple. Ce qui du point de vue cadastral, au moins, ne devrait guère poser de problèmes, puisque tous appartiennent au domaine public maritime.

Parmi ces 30 sites, une douzaine ont certainement une valeur internationale. Les quelques cinquante autres sites devraient pouvoir bénéficier de mesures de protection régionale ou locale. La diffusion d'une information sur la valeur et la sensibilité des marges extrêmes des prés salés pourrait être utile dans un premier temps.

En ce qui concerne quelques très grands sites, il convient d'attirer l'attention plus particulièrement sur leurs parties les plus importantes

Grands sites	Partie la plus importante
- Mont Saint-Michel (24-29)	- La Roche Torin (25)
Rade de Brest (54-60)	- Anse de Kerzanton (56)
	- Anse de Penfont (57)
Bassin d'Arcachon (78-81)	- Golfe d'Arès (80)
	- Ile aux Oiseaux (79)
- Canche (4)	- Rive nord et plis de Camiers (4)
- Authie (5)	- Rive sud et pointe de la Dune blanche (5)

- Rivière d'Étel (64-65)
- Anse de Nostang et de Locol
- Golfe du Morbihan (67)
- Anse de Noyal

Il faut aussi attirer l'attention sur l'intérêt éminent de quelques sites saumâtres, dont la richesse biologique n'est pas telle qu'ils sortent parmi les premiers sites mais dont l'originalité de la végétation mérite protection. Tels sont par exemple :

- les prés saumâtres de Barlieux (Manche) (13)
- les prés saumâtres de Névile (Manche) (14)
- les prés saumâtres de Port de Côtac (Gironde) (77).

Dans tous les cas il faut s'efforcer de protéger efficacement les plus longues chaînes de transition vers les végétations continentales. Entre autres, le passage progressif à la lande qui n'existe plus qu'à Goulven et à Étel devrait faire l'objet très urgent de mesures conservatoires.

3. RESTAURATION

Il suffirait souvent de mesures simples pour restaurer la valeur biologique des prés salés endommagés. Le meilleur exemple est fourni par le Havre de Goffesses dans lequel il a fallu rétablir la pénétration marine après endiguement total. Mais celle-ci ne se fait que par des conduits trop étroits, qui freinant le flux ne remplissent plus le Havre. Une large frange externe s'est donc couverte de friches peu esthétiques et sans valeur ni biologique ni agricole.

Un simple élargissement des vannes rétablirait l'influence halophile dans l'ensemble du site où peu à peu la végétation de pré salé se restructurerait comme elle a commencé à le faire, plus bas après rouverture partielle.

De bons exemples existent aussi dans les paysages de saline où le simple maintien de l'arrivée du flux peut y éviter le développement généralisé des friches.

Il faut dire que l'extraordinaire dynamisme de la végétation halophile se prête mieux que toute autre à de telles opérations de restauration, à condition que le site ait gardé sa potentialité et que l'accessibilité des diaspores subsiste.

BIBLIOGRAPHIE

- ABBAYES (H.) (des) et CORILLON (R.) 1949. — *L'Obionetum* des Halipèdes du Nord de la Bretagne (Finistère à Ile-et-Vilaine). C.R. Acad. Sc., 228, 935-937, Paris
- ARENES (J.) 1933. — Études sur la végétation des Côtes de France. I. La végétation littorale de la Baie de Bourgneuf. 242 pages. Mirecourt.
- BEEFTINK (W. C.) 1965. — *De Zoutvegetatie van ZW - Nederland* beschouwd in Europees Verband. 167 pages. Wageningen.
- BEEFTINK (W. C.) et GEHU (J.M.) 1973. — *Spartinetum maritima*, prodrome des groupements végétaux d'Europe. I vol., 1-43 pp., Leire.
- BOUCAUD (J.) 1972. — Caractéristiques écophysologiques et aspects particuliers du métabolisme azoté de deux écotypes de *Suaeda maritima*, en relation avec leur halophilie. Thèse, 108 p., Caen

- BRAUN-BLANQUET (J.) et DE LEEUW (W.C.) 1936. — Vegetationsskizze von Ameland. *Nederlandsch Kruid. Archief*, 46, 359-393. La Haye
- BUGNON (F.) 1949. — Contribution à l'étude phytosociologique de la presqu'île de Crozon (Finistère). La végétation phanérogamique halophile de l'estuaire de l'Aber. *Le Monde des Plantes*, 44, 263, 57-58, 67-68. Toulouse
- CHEVALIER (A.) 1922. — Les Salicornes et leur emploi dans l'alimentation. *Bull. Bot. Appliq.* 2 (16), 297-777. Paris
- CORILLION (R.) 1952. — La végétation de la Baie d'Arguenon (Côtes du Nord). *Bull. May. Sc.*, 24-49. Laval.
- CORILLION (R.) 1953. — Synthèse phytosociologique des halipèdes du Nord de la Bretagne. *C.R. Acad. Sc.*, 236, 1440-1442. Paris.
- CORILLION (R.) 1953. — Les halipèdes du Nord de la Bretagne, étude phytosociologique et phytogéographique. *Rev. Gén. Bot.*, 60, 124 pp. Paris
- CORILLION (R.) 1956. — Les espèces armoricaines du genre *Limonium*. Notes d'Écologie, de Phytosociologie et de Phytogéographie. *Bull. Mayenne Sci.*, 1-16. Laval
- CORILLION (R.) 1959. — Contribution à l'étude de la végétation halophile des îles du littoral atlantique. I. Sur les caractères de la végétation des halipèdes à Belle-Île en mer. *Bull. Soc. Sci. d'Angers* n.s., 2, 201-204.
- DUVIGNEAUD (J.) 1967. — Flore et végétation halophiles de la Lorraine orientale. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, mém. 3, 122 p. Bruxelles.
- FRILEUX (P. N.) et GEHU (J. M.) 1975. — Fragments relictuels de végétation halophile en Baie de Seine (Marais du Hode). *Colloques Phytosocio.*, IV, 277-294 p., Lille.
- GEHU (J. M.) 1960. — Un site célèbre de la côte nord bretonne le sillon de Talbert. Observations phytosociologiques et écologiques. *Bull. Lab. Marit. Dinard*, 46, 93-115
- GEHU (J. M.) 1964. — L'excursion dans le Nord et L'Ouest de la France de la Société Internationale de Phytosociologie. *Vegetatio*, 12, 1-95. La Haye
- GEHU (J. M.) 1968. — La persistance d'*Obrione pedunculata* en Baie du Mont St-Michel et en quelques points du littoral du Nord de la France. Sa signification écologique. *Monde des plantes*, 359, 1-4. Toulouse
- GEHU (J. M.) 1973. — Sur la signification écologique et dynamique et la variance géographique des groupements à *Halimione portuacoides* des côtes atlantiques européennes. *Ber. Intern. Symposien. Int. Verein. Vegetationskunde*, Sukzessionsforschung 53-70.
- GEHU (J. M.) 1975. — Recherches phytosociologiques sur le littoral des Flandres françaises. *Documents Phytosocio.*, 6, 17-26. Lille
- GEHU (J. M.) 1975. — Approche phytosociologique synthétique de la végétation des vases salées du littoral atlantique français. *Colloques Phytosocio.*, IV, 395-462. Lille.
- GEHU (J. M.) 1975. — Aspects phytogéographiques de la Baie de Canche Travaux et recherches du Laboratoire de Géographie rurale de Lille. 1975 (3) 63-85. Lille.
- GEHU (J. M.) 1975. — Essai systématique et chorologique sur les principales associations végétales du littoral atlantique français. *An. Real. Acad. Farm.*, 41 (2), 207-227. Madrid.
- GEHU (J. M.) 1975. — Sur les paysages végétaux ou sigmassociations des prairies salées du Nord-Ouest de la France. *Documents Phytosocio.*, 15-18, 57-62. Lille.
- GEHU (J. M.) 1978. — Les Phytocoenoses endémiques des côtes françaises occidentales. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 125, 199-208. Paris
- GEHU (J. M.) et al. 1979. — Essai de clé pour les Salicornes annuelles présentes sur les côtes du projet de carte floristique. I.F.F.B. *Documents Florist.*, 2 (1), 1-24. St-Valéry.
- GEHU (J. M.), CARON (B.) et BON (M.) 1975. — Données sur la végétation des prés salés de la Baie de Somme. *Colloques Phytosocio.*, IV, 187-226 p. Lille
- GEHU (J. M.) et GEHU-FRANCK (J.) 1972. — L'association à *Helochloa amphibia* de l'embouchure de la Loire et de la Gironde. *Documents Phytosocio.*, n° 1, 35-38. Lille.
- GEHU (J. M.) et GEHU-FRANCK (J.) 1975. — Données nouvelles sur les végétations à *Frankena laevis* des hauts de schorre sablonneux des côtes atlantiques. *Phytocoenologia*, 2 (1-1), 154-168. Stuttgart
- GEHU (J. M.) et GEHU-FRANCK (J.) 1975. — L'estuaire de Sable d'Or. Un site halophile nord-breton à préserver. *Colloques Phytosocio.*, IV, 295-314. Lille
- GEHU (J. M.) et GEHU-FRANCK (J.) 1976. — Les groupements à *Angelica heterocarpa* des estuaires atlantiques français. *Colloques Phytosocio.*, V, 359-362. Lille
- GEHU (J. M.) et GEHU-FRANCK (J.) 1979. — Les *Salicornietum emericii* et *ramosissimum* du littoral atlantique français. *Documents Phytosocio.*, N°S IV, 349-358. Lille.
- GEHU (J. M.) et GEHU-FRANCK (J.) 1979. — Les Salicornes annuelles de la partie française du projet I.F.F.B. et leur distribution géographique. *Documents Florist.*, 2 (1), 25-44. St-Valéry.
- GEHU (J. M.) et GEHU-FRANCK (J.) 1979. — Présence et écologie de *Borrichia scoparioides* en Baie de Somme. Éléments de distribution I.F.F.B. *Documents Florist.*, 2 (1), 45-50. St-Valéry
- GEHU (J. M.) et PROVOST (M.) 1974. — Observations synécologiques sur *Puccinellia fasciculata* en Basse-Normandie. *Documents Phytosocio.*, 7-8, 107-117. Lille.
- GEHU (J. M.) et TUXEN (R.) 1975. — Remarques sur la répartition linéaire des associations littorales et leur variance synécologique transversale le long des côtes ouest européennes. *Documents Phytosocio.*, 15-18, 155-162. Lille
- GHESTEM (A.) 1966. — Étude des prés salés de la Baie de Canche en relation avec les caractères physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques des sédiments, I vol., 148 p. Thèse Doct., Faculté de Pharmacie. Lille
- GHESTEM (A.) 1972. — Essai de synthèse des végétations halophiles de la Baie de la Canche. *Documents Phytosocio.*, 1, 1-34. Lille
- HOCQUETTE (M.), GEHU (J. M.) et FAUQUET (M.) 1965. — Contribution à l'étude phytosociologique de l'estuaire de l'Authie. *Bull. Soc. Bot. Nord Fr.*, 18, 114-143. Lille.
- KUHNOLTZ-LORDAT (G.) 1926. — L'association à *Statice ovalifolia* et *Armeria maritima*. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 73, 722-728. Paris.
- KUHNOLTZ-LORDAT (G.) 1926. — Une succession sur les vases salés de l'embouchure de la Seudre (Charente inférieure). *Feuille Nat.*, Oct. 1-6. Paris.
- KUHNOLTZ-LORDAT (G.) 1927. — La végétation côtière des Charentes entre la Gironde et la Seudre. *Ann. Ec. Nat. Agri. Montpellier*, 19 (1), 57-59
- LAHONDERE (C.) 1972. — La végétation des vases salées sur le littoral du Centre-Ouest, de la pointe d'Arcay à la Gironde. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, n.s., 3, 1-61.

- LEMEÉ (G.) 1933. — Étude sur la végétation halophile de l'estuaire de l'Orne. *Bull. Soc. Linn. Normandie*, 8ème série, 6, 25-47. Caen
- LEMEÉ (G.) 1952. — Végétation et écologie des tangles du Hâvre de Porbail (Manche). *Mém. Soc. Bot. Fr.*, 156-165.
- LITARDIÈRE (R.) (de) et MALCUIT (G.) 1927. — Contributions à l'étude phytosociologique du littoral du Boulonnais. *Bull. mens Bot.*, 1, 121-137. Lille.
- MALCUIT (G.) 1936. — Contribution à l'étude phytosociologique du littoral normand. La végétation halophile de l'estuaire de la Dives. *Live Jub. Professeur L. Daniel*, 12 pp. Rennes.
- MUNAUT (A. V.) 1975. — Recherches palynologiques sur les prés salés de la Canche (P. de C. - France). *Colloques Phytosocio.*, IV, 471-478. Lille.
- PARRIAUD (H.) 1971. — Contribution à l'étude cyto-taxonomique des Salicornes herbacées du Sud Ouest de la France. *Vie et Milieu*, suppl. 22, 243-251.
- PARRIAUD (H.) 1975. — Quelques particularités des peuplements d'Halophytes dans le Bassin d'Arcachon. *Colloques Phytosocio.*, IV, 315-340. Lille.
- PROVOST (M.) 1975. — La végétation du Hâvre de Barneville (Manche-France). *Colloques Phytosocio.*, IV, 331-366. Lille.
- TURMEL (J.M.) 1945. — Végétation maritime du Hâvre de Régneville (Manche). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 92, 235-242. Paris.
- TUXEN (R.) 1963. — Kurze Anmerkungen zur Exkursion de internationalen vereinigung für Vegetationskunde in N-Frankreich Mai-Juin 1962. *Vegetatio*, 11, 395-400.
- TUXEN (R.) 1974. — Die Pflanzengesellschaften Nordwest-Deutschlands. 2ème Ed., fasc. 1, 1-207. Lehre.
- VANDEN BERGHEM (C.) 1965. — Notes sur la végétation du Sud-Ouest de la France. III. La végétation de quelques prés salés d'Oléron (Charentes maritimes). *Bull. Jard. Bot. Etat Bruxelles*, 35, 363-367.

ANNEXE 1

EXEMPLES DE FICHES ET CARTES FLORISTIQUES ET PHYTOCOENOTIQUES



CARTE DE RÉPARTITION DE L'*ARTHROCNEMUM FRUTICOSUM* (L.) Moq.

Espèce méditerranéo-atlantique très intéressante et apparaissant assez régulièrement à partir du sud de la Bretagne. Sa limite nord a régressé par suite de destruction de son habitat en Crozon. Elle colonise la partie haute des prés salés et plus particulièrement la moitié supérieure de la zone à *Obione portulacoides*. Les populations atlantiques sont toujours moins abondantes que celles de la Méditerranée.



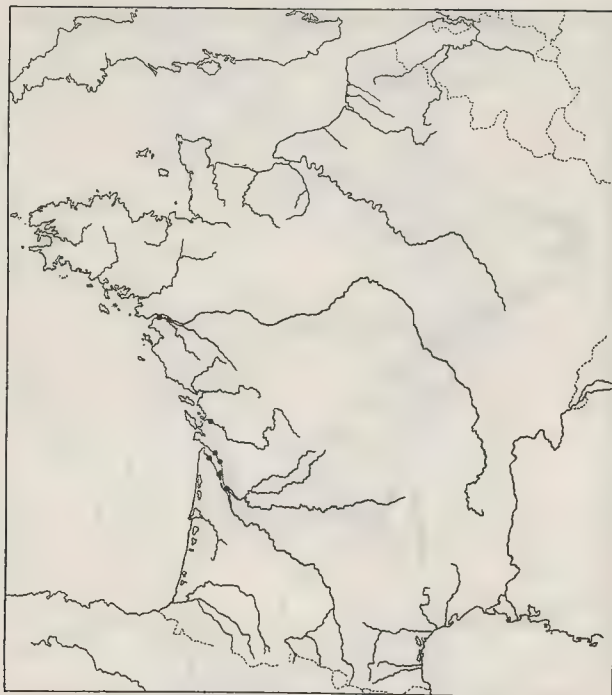
CARTE DE RÉPARTITION D'*ARTHROCNEMUM PERENNE* (Miller) Moss.

Espèce méditerranéo-atlantique apparaissant très régulièrement à partir de l'ouest Cotentin. Elle vit généralement à la limite de la slikke et du schorre toujours en dessous de la zone à *Halmione portulacoides*. Elle est favorisée par les petites ruptures de pente (ou microfalaises) fréquentes à ce niveau, ou par les substrats enrichis en graviers et cailloux. Elle résiste bien à un mouvement du flot et du ressac plus marqué qu'habituellement dans les prés sales.



CARTE DE RÉPARTITION DE *COCHLEARIA ANGLICA* L.

Plante à distribution principalement armoricaine et assez rare pour l'ensemble des prés sa.és. Dans ses localités elle colonise usuellement toute la séquence du schorre. Elle paraît favorisée par les situations poly-halines et légèrement nitrophiles.



CARTE DE RÉPARTITION DE *ANGELICA HETEROCARPA* Llyod

Espèce de la roselière et des mégaphorbiaies des berges des grands fleuves atlantiques dans la zone d'oscillation des mares d'eau douce à saumâtre. Endémique française, présente dans les embouchures de la Loire, de la Charente et de la Gironde. Ses stations sont en forte régression par les aménagements et les endiguements de la basse vallée de la Loire et de la Gironde. Celles qui subsistent méritent la plus grande attention conservatoire.



CARTE DE RÉPARTITION DE L'AGROSTIO-CARICETUM VIKINGENSIS

TABLEAU
Agrostio cariceum vikingensis

Caract. ass.	15 relevés
<i>Carex distans</i> var. <i>vikingensis</i>	V
<i>Carex otrubae</i> var. <i>subcontigua</i>	II
Espèces de l'alliance (Agropyro-Rumicion)	
<i>Agrostis stolonifera</i>	V
<i>Trifolium fragiferum</i>	V
<i>Potentilla anserina</i>	V
<i>Centaureum pulchellum</i>	IV
<i>Lotus tenuis</i>	III
<i>Pulicaria dysenterica</i>	III
<i>Plantago intermedia</i>	III
<i>Oenanthe lachenali</i>	I
<i>Agropyron repens</i>	I
Dif. milieu saumâtre	
<i>Juncus gerardi</i>	V
<i>Glaux maritima</i>	V
<i>Festuca littoralis</i>	III
<i>Samolus valerandi</i>	I
Compagnes :	
<i>Thymus hirta</i>	II
<i>Mentha aquatica</i>	II
<i>Carex flacca</i>	I
<i>Juncus lamprocarpus</i>	I
<i>Lolium perenne</i>	I
<i>Tetragolobus siliquosus</i>	I
<i>Belvis perennis</i>	I
<i>Ranunculus acris</i>	I
<i>Vicia cracca</i>	I
<i>Prunella vulgaris</i>	I
<i>Trifolium pratense</i>	I
<i>Sonchus arvensis</i>	I

Synécologie :

Ce groupement prairial, rare sur les côtes atlantiques, correspond aux situations d'extrême attérissement du pré salé en séquences particulièrement longues et très plates, sur substrat sablo-limoneux, à peine saumâtre susceptible de connaître des périodes d'alternance avec des phases de dessiccation superficielle, le fond du substrat restant cependant toujours humide.

TABLEAU

Frankeno-limonietum lychnidifoli (Meslin 1936) Lemée 1962

	ss. ass. <i>frankenetosum</i>	ss. ass. <i>agropyretosum</i>	Ass. totale
Nombre de relevés	15	11	26
Caractéristiques d'association :			
<i>Limonium lychnidifolium</i>	V ⁺ —4	V ⁺ —4	V ⁺ —4
<i>Frankenia laevis</i>	V ⁺ —5	III ⁺ —2	IV ⁺ —2
Dif. d'association (vis à vis Ass. 2) :			
<i>Suaeda maritima</i>	V ⁺ —3	III ⁺ —1	IV ⁺ —3
Dif. de sous-association :			
<i>Salicornia ramossima</i> (et <i>disarticulata</i>)	V ⁺ —2		III ⁺ —2
<i>Plantago maritima</i>	II ⁺	V ⁺ —2	III ⁺ —2
<i>Agropyron pungens</i>		V ⁺ —1	III ⁺ —1
<i>Festuca rubra littoralis</i>		V ⁺ —2	III—2
Espèces des Unités supérieures :			
<i>Halimione portulacoides</i>	V ⁺ —4	V ⁺ —2	V ⁺ —4
<i>Puccinellia maritima</i>	V ⁺ —2	IV ⁺ —2	V ⁺ —2
<i>Armeria maritima</i>	IV ⁺ —3	II ⁺ —2	III ⁺ —3
<i>Spergularia marginata</i>	III ⁺ —2	IV ⁺ —2	IV ⁺ —2
<i>Limonium vulgare</i>	II ⁺	II ⁺	II ⁺ —1
<i>Limonium occidentale</i>		II ⁺ —2	I ⁺ —2
Compagnes :			
<i>Parapholis strigosa</i>	+	II ⁺ —1	II ⁺ —1
<i>Sagina maritima</i>	+	II ²	I ⁺ —2
<i>Hutchinsia procumbens crassifolia</i>	+	I	I
<i>Plantago coronopus</i>		I	+

Synécologie :

Association développée sur les hauts de prés salés très sablonneux et atteints seulement par les grandes vives eaux. Thermophile, sa répartition est commune à la façade atlantique et au golf normand-breton, en excluant l'extrémité armoricaine.



CARTE DE RÉPARTITION DU *FRANKENIO-LIMONIETUM LYCHNIDIFOLII* (Meslin 1936) Lemée 1962



CARTE DE RÉPARTITION DU *PLANTAGINI-LIMONIETUM* Westhoff et Ségol 1961

TABLEAU
Plantagini-limonietum Westhoff et Ségat 1961

	<i>arthrocneietum</i>	<i>typicum</i>	<i>glaucoietum</i>	
Nombre de relevés	38	13	7	58
Caractéristiques d'association				
<i>Limonium vulgare</i>	V1-4	V+-4	V+-5	V+-5
<i>Plantago maritima</i>	V1-5	V2-5	V+-4	V+-5
Diff. de sous-association :				
<i>Arthrocnemum perenne</i>	IV+-2			II+-2
<i>Glaux maritima</i>			V+-2	II+-2
<i>Atriplex hastata</i>		+	III+	I+
Caractéristiques de l'alliance :				
<i>Armeria maritima</i>	V+-4	V+-2		IV+-4
<i>Festuca littoralis</i>		V+-2	V+-3	IV+-3
Esp. des Unités supérieures :				
<i>Aster tripolium</i>	V+-3	V+-2	IV+-2	V+-3
<i>Triglochin maritimum</i>	V+-3	V+-1	V+-2	V+-3
<i>Spergularia media</i>	V+-2	III+-1	II+-1	IV+-2
<i>Puccinellia maritima</i>	V+-2	+	V+-2	IV+-2
<i>Cochlearia anglica</i>	II+-2		I+	I+-2
Compagnes :				
<i>Halimione portulacoides</i>	V+-2	V+-1	I+	IV+-2
<i>Salicornia ramosissima</i>	V+-3	II+-1	II+-2	III+-3
<i>Suaeda maritima</i>	IV+-1	III+-2	I	III+-2

Synécologie :

Cette association, décrite pour la première fois par V. WESTHOFF (1961) dans les îles Frisones occidentales et synonymisée à tort avec le *Puccinellietum maritima* par W.G. BEEFTINK (1965), est fréquente sur le littoral de la Manche et en Bretagne Sud.

Le biotope de l'association est très caractéristique. Il correspond à des schorres moyens à supérieurs, extrêmement plats, même à morphologie de subcuvette où le drainage des eaux, après passage de la marée, est quelque peu ralenti, pouvant induire une légère stagnation. Pourtant le substrat est toujours à dominante sableuse, mais avec des irrégularités limoneuses vers le haut du profil.

Dans cette association, si marquée physionomiquement par la co-dominance de *Limonium vulgare* et de *Plantago maritima* fo. à feuille étroite, trois sous-associations existent sur nos côtes : l'une typique, des niveaux moyens où *Festuca littoralis* est fidèlement présente ; une autre inférieure, sans fétuque mais avec *Puccinellia maritima* et surtout vers l'Ouest avec *Arthrocnemum perenne*, et enfin une dernière des sites moins halins avec *Glaux maritima*, *Atriplex hastata*, et la combinaison, en raison d'une imprégnation saumâtre plus persistante, de *Festuca littoralis* et de *Puccinellia maritima*.

TABLEAU
Spartinetum alterniflorae Corillon 1953

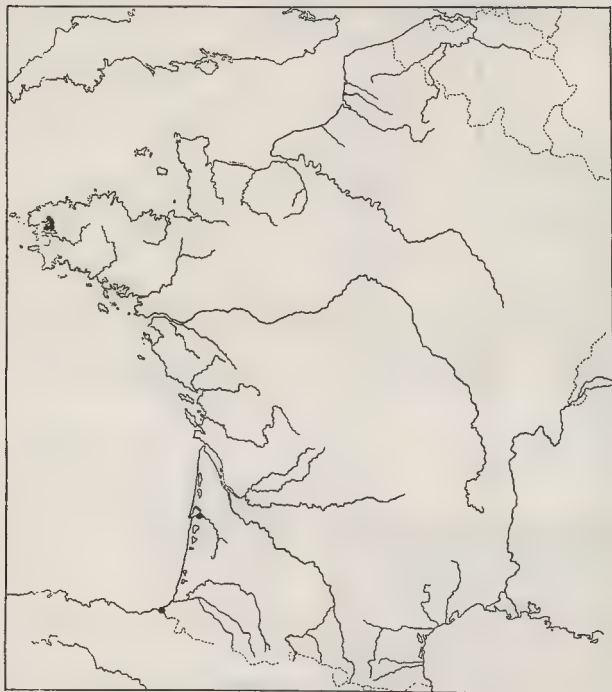
	<i>typicum</i>	<i>aristocetum</i>	<i>scirpocetum</i>	
Nombre de relevés	22	7	6	35
Caractéristique d'association :				
<i>Spartina alterniflora</i>	V3-5	V5	V3-5	V3-5
Diff. de sous-association :				
<i>Aster tripolium</i>		V+-2	I+	II+-2
<i>Scirpus maritimus</i>			V+-4	II+-4
Compagnes :				
<i>Atriplex hastata</i>	+		III+-1	I+-1
<i>Puccinellia maritima</i>	r	II+-1		+
<i>Agrostis stolonifera</i>	r	I		r

Synécologie :

Cette Spartinaie américaine n'existe qu'au fond de la rade de Brest et des estuaires de l'extrême Sud-Ouest.

Élevée, dense, elle se développe en milieu nettement saumâtre.

Outre une forme typique, elle présente une sous-association à *Aster tripolium* de niveau plus élevé et une sous-association à *Scirpus maritimus*, correspondant aux milieux les moins chlorurés.

CARTE DE RÉPARTITION DU *SPARTINETUM ALTERNIFLORAE* Corillon 1953

ANNEXE 2

EXEMPLES DE FICHIERS SITOLOGIQUES

4 Nom . Estuaire de la Canche.

Localisation administrative : Département du Pas-de-Calais (62).

Localisation topographique : Vaste estuaire situé entre la ville du Touquet-Parc-Plage au sud-ouest et la route nationale 1 au pied de l'ancienne falaise au nord-est. Un grand complexe de prés salés et de dunes s'étend sur la rive nord de la Canche. *Coordonnées :* 56 gr. - 56 gr. 2 ; 1.0 - 0.8 gr

Géomorphologie : Un des plus vastes et des plus typiques parmi les estuaires picards, soumis, à son embouchure, au système «poulier-musoir» qui tend à dévier le cours du fleuve vers le Nord alors que les courants rabattus tendent à reformer des «contre-pouliers» dunaires en «pils» successifs dirigés vers l'intérieur de l'estuaire et pénétrant dans le pré salé.

Surface moyenne : 2km² de pré salé.

Interventions humaines :

- Nombreuses mares creusées pour la chasse à la hutte et sentiers y conduisant
- Activité touristique presque nulle dans le pré salé plus marquée dans les dunes en partie autrefois propriété privée et domaine de chasse

Statut juridique : La zone des dunes estuariennes comprise entre le pré salé et la RNI vient d'être rachetée par le Conservatoire du littoral à fin de mise en réserve

Diversité floristique : 57 espèces phanérogamiques

Aeropyron junceum, pungens, repens (maui) ; Agrostis stolonifera (salina) ; Althaea officinalis ; Armeria maritima, Artemisia maritima, Aster tripolium ; Atriplex hastata (salina), globosula, laciniata, littoralis ; Beta maritima ; Cakile maritima ; Carex extensa, otrubae ; Chenopodium chenopodioides, rubrum ; Centaureum pulchellum ; Cochlearia danica ; Festuca littoralis ; Glaux maritima ; Halimione portulacoides ; Juncus ambiguus, gerardii, maritimus ; Leonodon saxatilis ; Limonium vulgare ; Manicaria maritima ; Oenanthe lachenali ; Parapholis strigosa ; Phragmites australis ; Plantago coronopus, intermedia, maritima ; Potentilla anserina ; Puccinellia maritima ; Ranunculus sceleratus ; Rumex crispus ; Ruppia maritima ; Sagina maritima ; Salicornia dolichostachya (fragilis) europaea, obscura, disarticulata ; Salsola kali ; Samolus valerandi ; Scirpus maritimus (compaci) ; tabernaemontani, unguis ; Sonchus oleraceus ; Spartina townsendii ; Spergularia marina, media ; Suaeda maritima ; Trifolium filagellum ; Triglochin maritima

Diversité phytocoenotique : 24 phytocénoses.

+ *Agropyron-Althaeum ; / + Agropyron-Rumex ; /1 Artemisia-maritima ; /0 3 Astero-Suaedetum ; /2 Atriplex-Betum ; /3 Atriplex-Agropyron-pungentis ; /4 Atriplex-Agropyron-pungentis ; /2 Beta-Atriplexum ; /2, 3 Festucetum littoralis ; 0 4,5 Halimionetum*

portulacoides ; 0 4 Halimono-Puccinellietum maritimae ; /2, 3 Juncetum gerardii ; /1 Juncus-Carexum extensae ; 0 3 Plantagini-Limonietum ; / + Parapholis-Saginetum marinae ; 0 3, 4 Phragmitetum (saumâtre) . + Sagina-Cochlearietum danicae ; /1 Salicornietum dolichostachyae (fragilis) ; 2 Salicornietum europaea ; 1 Salicornietum obscurae ; /0 3 Scirpetum maritimi ; /0 3, 4 Spartinetum townsendii ; /2 Suaedetum «prostratae» ; 0 3 Groupement à Oenanthe lachenali.

Contacts phytocénocotiques :

10 communautés de végétation dunaire .

Beta-Atriplexum laciniatae ; Elymo-Agropyretum ; Euphorbio-Agropyretum ; Euphorbio-Ammophiletum ; Ligustro-Hippophaeum ; Phleo-Tortuletum ; Sambuco-Hippophaeum ; Ulci-Ligustretum ; Viola-Ulmetum ; Ophioglossa-Calamagrostetum epigei.

Diversité de l'avifaune :

Potentiellement excellente (Laridés, Alcidés, Limicoles, etc...) mais réduite à peu de chose en raison d'une pression excessive de la chasse.

Type paysager :

Exemple type d'estuaire picard, particulièrement beau du point de vue esthétique

Paysage de vases salées, combinaisons des groupements végétaux très clairement «zonés» du type *Halimono-portulacoides Sigmetum* joint à un paysage de dunes très caractéristiques et différenciées s'élevant jusqu'à 100 m d'altitude, en placage sur l'ancienne falaise.

Indice de diversité floristique : 56,18

Indice de diversité phytocénocotique : 40,35

Valeur biocénocotique :

Avec un coefficient de 203,5, ce site apparaît comme l'un des estuaires les plus riches, biologiquement, des côtes atlantiques françaises. C'est en tout cas, avec la Baie d'Aurthe, l'un des sites les plus riches des côtes de la Manche. Cette valeur biocénocotique est liée à la proximité du complexe de dunes et ses nombreux apports d'eau douce

Conclusion :

Ce site, remarquable par sa haute valeur biocénocotique, esthétique et pédagogique fut très menacé par un projet de barrage-route, avec établissement d'un plan d'eau pour petits dérivés, qui aurait envoyé l'ensemble. La mise en réserve naturelle de l'ensemble du pré salé et de la partie basse des dunes du Conservatoire du littoral permettrait la réalisation d'une des réserves naturelles les plus importantes de la Manche orientale

13

Nom Barfleure

Localisation administrative : Département de la Manche (50).

Localisation topographique : petite anse séparée du port par la route.
Coordonnées : 55 G ; 3,8 4 G.

Géomorphologie : pré saumâtre très humide, sillonné de nombreux suintements d'eaux douces et saumâtres, pénétré par les eaux de mer grâce à un conduit d'écoulement sous la route, et creusé de nombreux margots.

Surface moyenne : 6 ha d'herbus.

Interventions humaines :
- pâturage extensif
- activité touristique nulle

Diversité floristique : 27 espèces végétales phanérogamiques.

Agropyron pungens; *Agrostis stolonifera* (salina); *Apium graveolens*, *Atriplex hastata* (salina); *Carex extensa*, *otrubae*; *Ceratopodium maritimum*; *Cochlearia danica*; *Festuca arundinacea*; *Glaux maritima*; *Helosciadium nodiflorum*; *Juncus bufonius*, *gerardii*; *Oenanthe crocata*; *Parapholis strigosa*; *Plantago coronopus*; *Puccinellia fasciculata*, *maritima*; *Ranunculus scleratus*, *Samolus valerandi*; *Scirpus maritimus* (compact); *tabernaemontani*, *savi*; *Spartina townsendii*, *Spergularia marina*; *Trifolium fragiferum*; *Triglochin maritima*

Diversité phytocœnotique : 9 phytocœnoses.

0 3 *Agropyron-Rumicetum*; + *Atriplici-Agropyretum pungentis*; 0 2 *Juncetum gerardii*; 0 2 *Juncus-Caricetum extensae*; 0 2 *Puccinellietum fasciculatae*; + *Scirpetum maritimi*; 2 *Scirpetum tabernaemontani*; + *Spartinetum townsendii*; 0 2 *Festucetum arundinaceae*

Contacts phytocœnotiques : Se font surtout avec des végétations aquatiques d'eaux douces et fluantes : *Helosciadium nodiflorum* et *Ranunculus hederaceus*

Type paysager : rare exemple de pré pâturé saumâtre.

Indice de diversité floristique : 25,84

Indice de diversité phytocœnotique : 15,80

Valeur bioœcologique : 144,17

Peu élevée pour l'ensemble des prés salés de la côte, elle tre essentiellement sa valeur du fait qu'il s'agit en réalité d'une végétation de pré saumâtre, fait assez rare sur la côte.

64 et 65

Nom : Rivière d'Étel.

Localisation administrative : Département du Morbihan (56).

Localisation topographique : La rivière d'Étel, aux multiples diverticules, s'étend entre la ville de Lorient à l'Ouest et celle d'Auray à l'Est. Elle s'ouvre par un étroit goulet, célèbre par sa «Barre» à proximité et au sud de la ville d'Étel.

Les prés salés étudiés sont localisés d'une part sur la rive droite, à proximité de Kerros, St. Guillaume et surtout Mostang (64) et sur la rive gauche à proximité et au Nord de la route Locoal-Mendon-Locoal.

Coordonnées : 52,8-5 G.; 6-6,2 G.

Géomorphologie : paysage très plat et bogager aux multiples interpénétrations terre-mer de la rivière et où se développent sur des arènes granitiques très faiblement pentues, dans les petites anses, des herbiers saumâtres tandis que la vase encombre les chenaux.

Surface moyenne :

- en 64 = 1/2 km² (2km² à Mostang)

- en 65 = 1,5 km²

Interventions humaines :

- tourisme

- villas installées jusque dans le domaine maritime à Locoal (appropriation par élévation de petites digues et ceci souvent sans autorisation)

- petits diverticules menacés et coupés par des remblais et des dépôts d'ordures

Diversité floristique :

- en 64 = 48 espèces végétales phanérogamiques.

Agropyron pungens, *repens* (maritimum); *Agrostis stolonifera* (salina); *Armeria maritima*; *Arrhenocnemum fruticosum*, *perenne*; *Aster triploides*; *Atriplex hastata* (salina); *littoralis*; *Beta maritima*; *Carex distans* (viking); *extensa*; *Centaurium pulchellum*; *Cochlearia anglica*; *Festuca arundinacea*, *littoralis*; *Frankenia laevis*, *Glaux maritima*; *Halimione portulacoides*; *Juncus ambiguus*, *gerardii*, *maritimus*; *Leontodon taraxacoides*; *Limonium vulgare*; *Lotus tenuis*; *Oenanthe lachenali*; *Parapholis strigosa*; *Phragmites australis*; *Plantago coronopus*, *intermedia*, *maritima*; *Polygonum maritimum*; *Puccinellia maritima*; *Rumex crispus*; *Sagina maritima*; *Salicornia emeric*, *fragilis*, *disarticulata*, *ramosissima*; *Scirpus maritimus* (compact); *tabernaemontani*, *uniglumis*; *Spartina maritima*; *Spergularia marina*, *media*; *Suaeda maritima* (vulg.); *Triglochin maritima*; *Zostera noltii*

Ainsi qu'une algue : *Bostrychia scorpioides* épiphyte sur *Halimione portulacoides*.

- en 65 = 39 espèces végétales phanérogamiques.

Agropyron pungens, *repens* (marit); *Agrostis stolonifera* (salina); *Armeria maritima*; *Arrhenocnemum fruticosum*, *perenne*; *Aster triploides*; *Atriplex hastata* (salina); *Beta maritima*; *Carex extensa*; *Centaurium pulchellum*; *Cochlearia anglica*; *Festuca arundinacea*, *littoralis*; *Halimione portulacoides*; *Juncus gerardii*, *maritimus*; *Leontodon taraxacoides*; *Limonium vulgare*; *Lotus tenuis*; *Mairanica maritima*; *Parapholis strigosa*; *Plantago coronopus*, *maritima*; *Puccinellia maritima*, *Rumex crispus*; *Sagina maritima*, *Salicornia disarticulata*, *emerici*, *fragilis*, *ramosissima*; *Scirpus maritimus* (compact); *tabernaemontani*; *Spartina maritima*; *Spergularia marina*, *media*; *Suaeda maritima* (vulg.); *Triglochin maritima*; *Zostera noltii*

Diversité phytocœnotique :

- en 64 = 20 phytocœnoses.

1 *Atriplici-Agropyretum pungentis*; /3,4 *Atriplici-Agropyretum repens*; /2 *Betulo-Atriplicetum*; 1,3 *Bostrychio-Halimionetum*; /3 *Festucetum littoralis*; 0,2,3,4 *Halimiono-Puccinellietum maritimum*; /3 *Juncetum gerardii*; /1 *Juncus-Caricetum extensae*; 0,2 *Oenanthe-Juncetum maritimi*; 0 4,5 *Plantagini-Limonietum*; + *Parapholiso-Saginetum maritima*; 1 *Phragmitetum* (saumâtre); 0,3 *Puccinellio-Arrhenocnemum perenniss*; /0,3 *Salicornietum emeric*; 0 3 *Salicornietum fragilis*; 3 *Salicornietum pusillo-ramosissimae*; 0 3 *Scirpetum maritimi*; 0 3 *Scirpetum tabernaemontani*; 0 5 *Spartinetum maritima*; 0 5 *Zosteretum noltii*

- en 65 = 19 phytocœnoses.

+ *Atriplici-Betuletum*; /3 *Atriplici-Agropyretum pungentis*; /2 *Atriplici-Agropyretum repens*; + *Betulo-Atriplicetum*; /3 *Bostrychio-Halimionetum*; /3 *Festucetum littoralis*; 0,3 *Halimiono-Puccinellietum maritimum*; /2 *Juncetum gerardii*; /1,3 *Juncus-Caricetum extensae*; 0 1,4 *Plantagini-Limonietum* avec lacis à *Juncus maritimus* abondant; + *Parapholiso-Saginetum maritima*; 1 *Puccinellio-Arrhenocnemum fruticosum*; /- 3,4 *Puccinellio-Arrhenocnemum perenniss*; 2,1 *Salicornietum emeric*; 1,3 *Salicornietum pusillo-ramosissimae*; 2 *Scirpetum maritimi*; 1 *Scirpetum tabernaemontani*; 0,4 *Spartinetum maritima*; 0 1,5 *Zosteretum noltii*

- pour l'ensemble des sites = 22 phytocœnoses

Contacts phytocœnotiques :

en 64 : ils sont nombreux et variés.

- végétations de falaises = (*Critmo-Armeria*, pelouses à thérophytes du *Sedon anglici*, fourrés à Ajoncs de l'*Ulici-Prunetum*, bois type *Aro-Ulmetum*)

- végétations de rochers algales (*Ascohyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*) ou lichéniques (*Verrucaria maura*, *Xanthoria aureola*, *Parmelia caperata*).

- végétations d'eaux douces et vives (*Helosciaditum nodiflori*)

Et surtout remarquable contact et passage avec des types très diversifiés de landes de l'*Ulicion*.

A proximité = végétations de sols humides plus ou moins tourbeux du *Molinion* et du *Littorellion*, des pinèdes maritimes, des éléments du bocage ; *Oenanthe crocata* dans les ruisseaux.

En 65 : les contacts s'effectuent au niveau de végétations de rochers (algues) ; *Fucus vesiculosus* ou lichéniques *Verrucaria maura*, *Caloplaca marina*, *Xanthoria aureola*, *Parmelia caperata*) mais aussi au niveau de végétations de landes à *Ulex minor*.

A proximité : Pinèdes maritimes ; des Lavatères (*Lavatera arborea*) des Tamaris, du Fenouil (*Foeniculum dulce*), *Oenanthe crocata* dans les fossés ; des Saules (*Salicetum atrocinerea*)

Type paysager :

Très beau et plat paysage plus ou moins boisé sous la lumière morbihanaise où l'eau et les terres sont si étroitement intriquées qu'il devient difficile de savoir d'où vient le flux de marée

- en 64 : le pré salé, précédé sur les vases du chenal par un vaste herbier de Zostères (*Zostera noltii*), suivi d'une Spartinae maritime (*Spartinetum maritumae*) très bien développée est dominé par un *Halmion-Puccinellietum maritumae* herbeux et des subcuvettes à *Plantagini-Limonietum* ; tandis qu'il est marqué, dans sa partie continentale, par la frange de hautes herbes d'un *Atriplici-Agropyretum repens*

- en 65 : le pré salé est constitué par une mosaïque de groupements à dominance cependant de *Plantagini-Limonietum*, d' *Halmion-Puccinellietum maritumae* et de *Puccinellio-Atriplicetum perennis* linéaires précédés vers l'estran par une Spartinae maritime étendue (*Spartinetum maritumae*) suivie, sur les vases par un vaste herbier de petites zostères (*Zostera noltii*). Les deux sites sont surtout marqués en automne par les cuvettes à tapis de *Salicornia emerici* couleur de feu

Coefficient de diversité floristique :

- en 64 = 52,8 ;
- en 65 = 42,70
- Ensemble des sites = 51,68

Coefficient de diversité phytocoenotique :

- en 64 = 35,10
- en 65 = 33,30
- Ensemble des sites = 38,60

Valeur biocoenotique :

- en 64 = 188,76
- en 65 = 165,67
- Ensemble des sites = 192,33
- L'une des plus élevées pour toute la côte

Conclusion :

Cet ensemble de très grande valeur biocoenotique et esthétique se différencie nettement du Golfe du Morbihan par la diversité et l'originalité de sa végétation et de ses différents biotopes. Il s'agit pratiquement en effet des seules stations naturelles bien constituées et d'une certaine étendue de cuvettes à *Salicornia emerici*, partout ailleurs situées dans des stations secondaires (Salines)

Le site devrait être protégé principalement, contre les entreprises de lotissements installés jusque dans le domaine maritime lui-même. Les dépôts d'ordures devraient être stoppés. Plusieurs anses et les landes qui les bordent devraient faire l'objet d'une mise en réserve et ceci de toute urgence

ÉTUDE DES BIOCÉNOSES DES MARES ET RUISSEAUX TEMPORAIRES A ÉPHÉMÉROPHYTES DOMINANTS EN RÉGION MÉDITERRANÉENNE FRANÇAISE

par M. BARBERO, J. GIUDICELLI, R. LOISEL,
P. QUEZEL et E. TERZIAN

Laboratoire de Botanique et Écologie méditerranéennes
Faculté des Sciences et Techniques St Jérôme
Rue Henri Poincaré - , 1307 MARSEILLE Cedex

RÉSUMÉ

Dans cette étude interdisciplinaire les auteurs, phytocologues et zoocologues ont effectué un recensement géographique des communautés de la région méditerranéenne se rattachant à la classe phytosociologique des Isoeto-Nanojuncetea.

Au sein des biotopes reconnus, un inventaire des espèces et des associations végétales a été réalisé. Les communautés animales sont plus particulièrement analysées en 9 stations significatives.

Les paramètres abiotiques ont également été pris en compte et quantifiés. Les diverses méthodes qualitatives et quantitatives utilisées par les divers spécialistes, sont exposées.

La colonisation des milieux néoformés et la dynamique temporelle des biocénoses sont étudiées.

Enfin, la recherche et l'évaluation des risques d'appauvrissement ou de disparition des biotopes ainsi que la détermination de la résistance spécifique à l'action humaine conduisent à proposer une liste d'espèces et de biotopes à protéger.

SUMMARY

In this combined research project between phytocologists and zoocologists, the authors have recorded the various communities related to the Isoeto-Nanojuncetea phytosociological class in the Mediterranean region. Within the prospected biotops, the vegetal species and associations have been listed and the animal communities were studied in detail in 9 significant stations.

In addition, the abiotic parameters were taken into consideration and quantified. The various methods, as well qualitative as quantitative ones, used by each specialist are reported.

The colonization of the neoformed biotops and the temporal dynamics of the biocenosis were studied. Finally, a list of the species and biotops to be protected is proposed, based on the definition and the estimation of the risks of impoverishment, or even disappearing, of the biotops, and on their specific resistance to the anthropic action.

PROBLÉMATIQUE

Cette étude a pour but de faire le point sur l'inventaire et le fonctionnement des écosystèmes liés à des milieux humides temporaires en région méditerranéenne française.

Les recherches ont porté sur les communautés se rattachant à la classe phytosociologique des Isoeto-Nanojuncetea. Elles ont été conduites de façon interdisciplinaire afin de bien appréhender, au niveau de ces milieux spécialisés, les corrélations existant entre les phytocénoses et les zoocénoses. En effet la zonation remarquable des associations végétales a des incidences directes sur la répartition des communautés animales, leur structure hiérarchique et leur diversité.

Par la méthode phytocologique il a été possible d'étudier la dynamique spatio-temporelle des principales associations végétales au cours d'une année. Les zoocologues, quant à eux, ont pu suivre l'évolution des communautés sur un cycle hydrologique en analysant les courbes cumulatives d'apparition et de disparition des espèces, en étudiant les variations de la diversité et de l'équité, et en abordant les problèmes de la colonisation et du fonctionnement d'habitats temporaires néoformés en relation avec l'installation des végétaux.

Les milieux humides temporaires ont été choisis en raison de leur richesse biotique, de leur originalité et de l'urgence de leur protection compte tenu des risques actuels d'appauvrissement et de disparition.

1. RECHERCHES GÉOGRAPHIQUES SPÉCIFIQUE ET BIOCÉNOTIQUE

1.1. Recensement géographique.

Le type de communauté retenu ne s'éloigne jamais beaucoup du littoral immédiat et reste lié aux zones les plus chaudes de l'étage méditerranéen. Il se rencontre depuis les Alpes-Maritimes (massif de Biot à l'est) jusqu'aux Pyrénées-orientales (des groupements voisins s'observent en Catalogne et plus généralement dans la péninsule Ibérique). Il est cependant plus fréquent dans les départements du Var (massif des Maures et de l'Estérel), de l'Hérault (plateau basaltique de Roquehaute et terrains quaternaires siliceux des régions de Montpellier et Béziers) et des Pyrénées orientales. En Corse, ces communautés sont bien représentées dans le sud de l'île.

Toutes les stations mentionnées par divers auteurs et notamment MOLINIER et TALLON (1948) en Costière nimoise ont aujourd'hui disparu.

En raison de la diversité de la faune aquatique, des difficultés d'ordre systématique, nous avons restreint notre analyse des communautés à 9 stations significatives de ce type d'écosystème.

Station 1. «Mare de Crau» (Provence calcaire) sur la Costière de Crau, au nord de Mas Thibert, à l'est du Grand Rhône - 70 m de diamètre en hiver - profondeur maximum 80 cm

Station 2. «Mare de Catéchou 1» (Provence cristalline) sur la bordure occidentale du massif de l'Estérel, dans le bois de Palaysen - longueur maximale : 40 m - largeur maximale : 10 m - profondeur maximale : 10 cm - biotope récent

Station 3. «Mare de Catéou 2». A une centaine de mètres de la précédente - longueur maximale : 63 m - largeur maximale : 22 m - profondeur maximale : 65 cm - 3 ceintures de végétation

Station 4. «Mare de Catéchou 3». En bordure de la D 47 (Var). Biotope envahi par les macrophytes aquatiques et en partie comblé - diamètre : 10 m - profondeur moyenne : 30 cm.

Station 5. «Mare cupulaire 1». Massif de la Colle du Rouet (altitude 500 m) cuvettes d'érosion sur rhyolite - longueur : 70 cm - largeur : 65 cm - épaisseur du sédiment : 1 cm. Premier stade d'évolution de l'*Isortion*

Station 6. «Mare cupulaire 2». Même localisation - longueur : 155 cm - largeur : 62 cm - épaisseur du sédiment : 8,5 cm. Deuxième stade d'évolution de l'*Isortion*

Station 7. «Mare cupulaire 3». Même localisation - longueur : 300 cm - largeur : 166 cm - épaisseur du sédiment : 4,5 cm. Troisième stade d'évolution de l'*Isortion*

Station 8. «Mare cupulaire 4». Même localisation - diamètre : 80 cm - épaisseur du sédiment : 7 cm. Troisième stade

Station 9. «Mare cupulaire 5». Longueur : 93 cm - largeur : 82 cm - épaisseur du sédiment : 4,5 cm. Mare presque entièrement comblée

1.2. Inventaire floristique.

L'emploi de la méthode phytosociologique conduit à dresser des listes complètes de végétaux. De plus, l'inventaire floristique peut-être considéré comme exhaustif car il résulte d'herborisations faites au cours de plusieurs années successives

Au niveau des espèces végétales rencontrées, abstraction faite de celles qui ne sont pas particulièrement liées à ces milieux humides, reste celles qui ne se rencontrent que dans ces biotopes. Elles constituent sur le plan phytosociologique, un ensemble caractéristique des unités systématiques de la classe des *Isorto-Nanojuncetea* (cf. infra) qui réunit la végétation des ruisseaux, mares, cuvettes.

Doivent être retenus pour la caractériser :

<i>Agrostis pallida</i>	<i>Lotus combricensis</i> *
<i>Aira capillaris</i>	<i>Lotus uliginosus</i>
<i>Anoplopeltis</i> *	<i>Lythrum hyssopifolium</i>
<i>Anoplopeltis</i> *	<i>Lythrum thymifolium</i>
<i>Anoplopeltis</i> *	<i>Lythrum tribactaeum</i> *
<i>Angelica tenella</i> *	<i>Marsilea pubescens</i> *
<i>Apium crassipes</i> *	<i>Menyanthes arvensis</i>
<i>Bulbocodium (= Crassula) vailanum</i>	<i>Moenchia erecta</i>
<i>Callitriche truncata</i> *	<i>Montia minor</i>
<i>Cardamine parviflora</i>	<i>Myosurus heldreichii</i> *
<i>Centunculus minimus</i>	<i>Myosotis sicula</i> *
<i>Cicendia filiformis</i>	<i>Nasturtium asperum</i>
<i>Cicendia pusilla</i>	<i>Ophiosphragis lusitanicum</i> *
<i>Danthonia polypodiifolia</i> *	<i>Peplis erecta</i>
<i>Eryngium yuccifolium</i> *	<i>Peplis hispidula</i> *
<i>Erythraea maritima</i>	<i>Phalaris minor</i>
<i>Giantella officinalis</i>	<i>Polygonum vulgare</i> ssp. <i>littorale</i>
<i>Hernandaria glabra</i>	<i>Preslia cernua</i> *
<i>Hydrocotyle pectinatus</i>	<i>Pulsatilla vulgaris</i>
<i>Illecebrum verticillatum</i>	<i>Radiola hirsuta</i>
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Ranunculus acris</i>
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Ranunculus lateriflorus</i>
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Rumex acetosella</i> *
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Scirpus cespitosus</i>
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Scirpus setaceus</i>
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Spergularia pentandra</i>
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Spiranthes aestivalis</i> *
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Teucrium crasseum</i> *
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Trigonotis latiflorum</i> *
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Trigonotis ornithogallodes</i> *
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Veronica acinifolia</i>
<i>Isotria medeoloides</i>	<i>Veronica anagallodes</i>

Ce sont essentiellement des taxons cosmopolites, européens, et méditerranéens (notamment méditerranéo-occidentaux). Vingt-cinq d'entre eux, marqués d'un astérisque, nécessitent des mesures de protection. Ils présentent des aires de répartition réduites (parfois une seule station) ou une régression de leur distribution.

1.3. Inventaire faunistique

La communauté animale des neuf mares et cuvettes étudiées compte 143 espèces d'invertébrés :

- Crustacés :
 - Anostracés : 3 espèces/Cladocères : 7 espèces
 - Conchostracés : 1 espèce/Ostracodes : 9 espèces
 - Notostracés : 1 espèce.
 - (Les Copépodes n'ont pu être pris en compte).
- Mollusques : 4 espèces.
- Epheméroptères : 1 espèce/Hétéroptères : 26 espèces.
- Odonatoptères : 15 espèces/Diptères :
 - Culicidés : 6 espèces
 - Dixidés : 1 espèce
 - Ceratopogonidés : 2 espèces.

Les autres Diptères (Chironomidés, Psychodidés, Scyomidés, Cératopogonidés, Tabanidés) ont été déterminés au niveau du genre. Des élevages ont été nécessaires pour l'obtention d'imagos dont la plupart ont été confiés aux spécialistes aux fins de détermination.

- Trichoptères : 3 espèces

- Coléoptères :

Hydrocanthares : 42 espèces

Hydrophilidés : 25 espèces.

1.3.1. Analyse biogéographique.

Elle porte sur 121 espèces déterminées.

Les espèces à large répartition constituent le groupe dominant avec 53,7 % de la faune. On y range les espèces cosmopolites (8,2 %), les espèces paléarctiques (33,9 %) et les espèces holarctiques (11,6 %). Presque toutes les espèces paléarctiques sont présentes aussi en Afrique du Nord. Le caractère méditerranéen est bien marqué avec 19,8 % des espèces, la plupart (14 %) cantonnées dans la partie occidentale du bassin méditerranéen et le Maghreb : les autres sont circumméditerranéennes. Enfin, une espèce, le Coléoptère *Eretes sticticus*, est tropicale.

1.3.2. Espèces remarquables.

On retiendra 2 espèces caractérisées par leur isolement taxonomique et par leur rareté dans la faune française.

- *Immadia yeyetta* : ce Conchostracé n'est connu en France que de Camargue d'où il a été décrit par HERTZOG (1935) et retrouvé depuis près du Vaccarès par AGUESSE et NOURISSON. Nous l'avons récolté dans la mare de Crau. HERTZOG a montré que cette espèce de souche tropicale était une forme «eulimadienne», trouvée pour la première fois au nord de la Méditerranée. Il l'a qualifiée de «relique formidable», car elle présenterait des caractères ancestraux.

- *Eretes sticticus* : le genre *Eretes* est monotypique ; il possède, la particularité unique de porter sur le bord latéral des élytres en arrière, une rangée de spicules serrés. Sa distribution couvre presque toutes les régions tropicales et subtropicales. En région méditerranéenne il se situe tout à fait en limite d'aire. Ce Coléoptère très rare en France n'a été signalé qu'aux environs de Toulouse, de Toulon et dans le Gard. Selon GUIGNOT, c'est une relique tertiaire en voie de disparition en France, qui a actuellement pour habitat les eaux stagnantes désertiques, subdésertiques ou steppiques.

Trois autres espèces rares sont à signaler :

- *Notodromas persica* (Ostracode) dont l'aire de répartition englobe l'Europe méridionale, les Balkans, l'Iran et l'Algérie et qui n'était connue en France que de la Camargue (MARAZANOFF).

- *Eucypris lutaria* (Ostracode). Cité pour la première fois en France à une aire de répartition couvrant les Alpes, l'Europe moyenne, les Balkans, l'Afrique du Nord, l'Asie.

- *Hydroporus obsoletus*. C'est une espèce du sud de l'Europe et d'Afrique du Nord qui, en France, est rare et localisée dans le massif des Maures et de l'Estérel.

On doit mentionner enfin trois espèces septentrionales, très rares en région méditerranéenne, où elles se trouvent en limite d'aire :

- *Graphodorus austracus* (Coléoptère) : espèce d'Europe septentrionale et centrale, rare en Provence où elle a été signalée aux environs d'Avignon et en Camargue. Selon CAILLOL elle aurait été apportée par le Rhône.

- *Callicorixa praeusta* (Hétéroptère) : espèce d'Europe septentrionale qui n'était connue que dans le nord de la France.

- *Paracorixa concinna* (Hétéroptère) : espèce d'Europe moyenne et centrale ; n'était signalée en France que du Bas-Rhin.

1.4. Inventaire biocénétique.

L'inventaire des zoobioses et des phytocénoses a été mené conjointement, la répartition des ceintures de végétation servant de fil conducteur

1.4.1. Inventaire des phytocénoses

1.4.1.1. Méthode d'étude.

La méthode phytosociologique permet de préciser la nature et les affinités floristiques des diverses phytocénoses. Les principes et techniques de base ont été récemment repris et exposés par GUINOCHET (1973 : *Phytosociologie* - Masson Ed.). Nous n'y reviendrons pas.

1.4.1.2. Syntaxons observés.

La classe des *Isoeto-Nanojuncetea* est représentée dans le sud-est méditerranéen français par deux ordres : *Cyperetalia fuscii* et *Isoetalia*. Une révision de ces unités a été récemment présentée en Provence par LOISEL (1976). Le premier ordre colonise des substrats sub-euthrophes et même euthrophes, souvent riches en calcaire ; le second réunit des associations d'espèces oligotrophes et calcifuges.

L'ordre des *Cyperetalia fuscii* groupe trois alliances :

- *Nanocyperianfluvescens* (essentiellement médio-européen),
- *Lythron tribracteati* (méditerranéen et lié aux sols euthrophes limoneux ou argileux),
- *Heleocheilon* (riches en espèces plus ou moins halorésistantes).

L'ordre des *Isoetalia* réunit quatre alliances :

- *Isoetion* (associations d'éphémérophytes des mares et cuvettes sur silice),
- *Preshon cervinae* (groupement ouest-méditerranéen),
- *Serapion* (limité à la Provence cristalline),
- *Ciccion* (non représenté en France méditerranéenne).

Notre étude porte sur l'*Isoetion* mais, compte tenu du fait que certaines associations précédemment rangées dans cette alliance sont actuellement incluses dans d'autres unités, nous avons jugé utile de les étudier sur le plan floristique puisqu'elles renferment le plus souvent des espèces particulièrement rares en France et fréquemment en voie de disparition.

1.4.1.2.1. Alliance ISOETION

● Associations rencontrées en Provence.

a) Association à *Peplis erecta* et *Ranunculus revelieri*.

Ses caractéristiques sont :

Peplis erecta, *Ranunculus revelieri*, *Cicendia filiformis*, *Scirpus setaceus*.

Apparaissent également dans ce groupement : *Mentha pulegium*, *Lythrum hyssopifolium*, *Callitriche truncata*, *Juncus capitatus*, *Juncus buffonius*, *Juncus tenegeia*, *Juncus fasciculatus*, *Juncus pygmaeus*, *Cyperus fuscus*, *Lythrum thymifolium*, *Cyperus laxus*, *Scirpus savi*

Cette association se présente sous les trois aspects principaux :

- groupement typique correspondant à une hauteur d'eau et à une durée d'immersion moyennes,
- groupement se différenciant par la présence d'*Isaetes velata*, *Cicendia pusilla*, *Laurentia michellii*, *Bulliardia vaillantii*, et lié à une immersion plus prolongée,
- groupement individualisé par *Isaetes setacea*, *Alisma plantago*, *Alisma ranunculoides*, *Ranunculus ophioglossifolius*, *Eleocharis palustris* déterminé par une grande profondeur d'eau (50-70 cm), donc par une immersion plus longue.

Elle exige la permanence de l'eau dans les mares de l'automne au printemps. Ces conditions sont remplies dans les cuvettes creusées dans les grès permien et alimentés jusqu'au début du printemps par des ruisselets mais aussi au niveau de petites cuvettes creusées par l'érosion éolienne dans la rhyolite. Dans l'aire de l'association la variante à *Isaetes velata* ne s'observe que dans quelques cuvettes de la Colle du Rouet (nord-est du Muy : Var) et dans la mare de Catchéou (bois de Palyson) qui constitue également la seule station à l'est du Rhône d'*Isaetes setacea*.

b) Association à *Isaetes durieui* et *Nasturtium asperum*.

C'est la plus commune de l'alliance en Provence cristalline Elle est caractérisée par :

Scirpus savi, *Nasturtium asperum*, *Agrostis pallida*, *Airopsis globosa*, *Aira capillaris*, *Ophioglossum lusitanum* ; auxquels s'ajoutent *Juncus capitatus*, *Juncus buffonius*, *Juncus pygmaeus*, *Juncus fasciculatus*, *Isaetes durieui*, *Mentha pulegium*, *Veronica acinifolia*, *Radiola imoides*.

Divers aspects liés à des variations d'humidité du substrat apparaissent :

- sous-association typique correspondant à des conditions écologiques moyennes et se différenciant par l'abondance de *Nasturtium asperum*, *Scirpus savi* et *Agrostis pallida*,
- sous-association à *Aira capillaris* et *Airopsis minuta* (connue en France continentale que du seul massif de Biot), plus xérophile ; le faciès à *Radiola imoides* distingué dans les Maures peut lui être rattaché ; ces trois espèces fuient l'humidité des ruisseaux et se retrouvent sur les berges sablonneuses plus sèches,
- sous-association à *Peplis erecta*, *Lotus combricensis* et *Crassula vaillantii* fréquente dans le massif de Biot, recherchant les sols plus riches en limons et argiles et retenant plus longtemps l'eau,
- sous-association à *Laurentia michellii* et *Juncus tenegeia* se développant dans de petites cuvettes du massif des Maures

Moins hygrophile que l'association précédente l'*Isaeto-Nasturtietum* apparaît généralement sur les bordures des mares et le long des ruisselets temporaires mais aussi sur des

surfaces planes où l'humidité retenue par une couche argileuse sous-jacente persiste.

c) Association à *Spiranthes aestivalis* et *Anagallis tenella*.

Caractérisée par *Anagallis tenella*, *Montia minor*, *Spiranthes aestivalis*, elle réunit aussi *Isaetes durieui*, *Veronica acinifolia*, *Lotus angustissimus*, *Juncus buffonius*, *Lythrum thymifolium*, *Mentha pulegium*, etc...

Peu fréquente et strictement inféodée aux berges sablonneuses des petits ruisseaux dévalant les versants des massifs siliceux, on la retrouve dans les massifs des Maures, de l'Estérel, de Tanneron et surtout de Biot. Il faut remarquer que les trois précédentes associations bien que recherchant des biotopes à hygrométrie temporairement élevée n'entrent jamais en concurrence par la conquête du substrat.

● Associations rencontrées à l'ouest du Rhône.

Trois associations sont bien connues :

a) *Myosuro* - *Bulliardietum vaillantii*.

Caractérisée par : *Myosurus heldreichii*, *Crassula vaillantii*, *Veronica acinifolia*. Elle montre en outre *Lotus angustissimus*, *Lythrum thymifolium*, *Pulicaria vulgaris*, *Myosotis sicula*, *Isaetes setacea*, *Mentha pulegium*, *Juncus fasciculatus*, *J. pygmaeus*, *J. buffonius*, etc...

Elle occupe des mares asséchées dès le début du printemps (mois d'avril et n'est connue que de Rochemaute (Hérault) et des Pyrénées-orientales (alluvions de la Têt, et mare de St. Estève)

b) *Isaetietum setacei*

Ce groupement a son optimum à Rochemaute. Il est particulièrement riche en espèces :

Isaetes setacea, *Pepis hispidula*, *Myosotis sicula*, *Marsilea pubescens*, *Cicendia pusilla*, *Ranunculus lateriflorus*, *Pilularia minuta*.

L'*Isaetietum setacei* enferme encore *Juncus pygmaeus*, *Oenanthe media*, *Mentha pulegium*, *Lythrum thymifolium*, *Lotus angustissimus*, *Juncus buffonius*, etc. Par rapport au précédent il se développe sur un substrat plus longtemps immergé et se présente en période d'émersion sous l'aspect d'un gazon dense dominé par *Isaetes setacea*. Il a été décrit une variante à *Juncus anceps*, *Ranunculus sardous* et *Drepanocladus knelfii*, correspondant à une hauteur d'eau encore plus grande.

c) *Isaetietum durieui*.

Il s'agit certainement de l'association la plus typique de l'alliance

Elle est caractérisée par :

Isaetes durieui, *Juncus capitatus*, *Aira capillaris*, *Airopsis globosa*, *Trifolium filiforme*, *Lotus combricensis* ; auxquels s'ajoutent *Lythrum thymifolium*, *Lythrum hyssopifolium*, *Lotus angustissimus*, *Juncus tenegeia*, *Juncus fasciculatus*, *Erythraea maritima*, *Polygonum vulgare* ssp. *littorale*, etc...

Fréquent à Rochemaute et sur les substrats siliceux des plaines de Montpellier et Béziers, l'*Isaetietum durieui* se développe dans les micro-dépressions disséminées dans les Cistaies.

NOZERAN et ROUX (1968) mentionnent dans les Albères,

un groupement ayant une écologie voisine et renfermant dans son cortège floristique :

Isoetes duriei, *Ophioglossum lusitanicum*, *Radula linoidea*, *Airopsis globosa*, *Serapias lingua*, *Moenchia erecta* var. *octandra*, *Sagina apetala* ssp. *reuteri*, *Juncus capitatus*, *Juncus buffonius*, *Crassula vallantii*, *Erythraea maritima*, *Scirpus setaceus*, *Monila minor*.

La présence de ces espèces semble indiquer un cortège floristique intermédiaire entre celui de l'*Isoetion duriei* languedocien et de l'*Isoetio-Nasturtietum* provençal.

1.4.1.2.2. Groupements n'appartenant pas à l'ISOETION mais présentant un grand intérêt floristique.

● Alliance *Preslion cervinae*

Preslion cervinae.

Fréquent en Languedoc, le *Preslion cervinae* ne renferme aucune espèce rare.

Preslio - Trigonellietum ornithopodioides.

Sous cette appellation ont été réunis les divers groupements de Costière nimoise reconnus par MOLINIER et TALLON dans plusieurs stations (Marais de Redessan à l'ouest de Nîmes, Etang de Pazac au nord de cette ville, environs de Beauvoisin). Son cortège floristique montre plusieurs espèces intéressantes quant à leur répartition (*Preslia cervina*, *Trigonella ornithopodioides*, *Damasonium polyspermum*, *Elatine macropoda*, *Lythrum tribracteatum*). Toutes les stations où l'on pouvait retrouver cette association ont aujourd'hui disparu.

Groupement à *Artemisia molinieri*

C'est à l'alliance *Preslion cervinae* que nous rattachons les formations à *Artemisia molinieri* du département du Var. Cette espèce endémique française n'est connue que de deux stations. Elle s'associe à *Nasturtium asperum*, *Eleocharis palustris*, *Veronica anagallodes*, *Oenanthe globulosa* et *Callitriche truncata*.

● Alliance *Lythrum tribracteatum*.

C'est à cette alliance que doivent être rapportés l'*Elatinetum macropoda* des mares de Rigaud près d'Agde et l'association à *Lythrum tribracteatum* et *Teucrium cravense* de Crau. Cette dernière association constitue à la fois une limite géographique pour l'alliance et un refuge pour nombre d'espèces d'un grand intérêt chorologique. *Teucrium cravense*, espèce ibéro-provençale dont l'aire de répartition en France est limitée à une station, en est une excellente caractéristique. *Lythrum tribracteatum*, *Damasonium polyspermum*, *Myosurus heldreichii* y montrent aussi leurs populations les plus orientales.

1.4.2. Inventaire des communautés animales.

Il permet de dégager la composition biotique et la structure des différentes communautés stationnelles.

1.4.2.1. Échantillonnage.

Deux types de prélèvements ont été effectués à raison d'une série de prélèvements bi-mensuels dans chacune des 9 stations pendant 14 mois.

□ Prélèvements quantitatifs.

La surface unitaire de prélèvement est délimitée par un cylindre sans fonds, d'une surface de 453 cm². Les bords

inférieurs tranchants du cylindre sont enfoncés dans le sédiment à l'aide de deux poignées. Une colonne d'eau de volume connu correspondant à une surface constante de substrat est ainsi isolée. L'eau est prélevée à l'aide d'une pompe à main avec les organismes nageurs ; les organismes benthiques sont recueillis par raclage du fond et prélèvement de substrat. A chaque sortie, 4 prélèvements correspondant à l'«aire minimale» ont été réalisés dans chaque station. Ce type de cylindre est utilisé pour les grandes mares. Pour les mares cupulaires on a dû recourir à un petit cylindre de 8 cm de diamètre ; de plus, un seul prélèvement a été réalisé par sortie. En période d'assèchement des biotopes, des échantillons de sédiment sec ont été pris, avec le même cylindre, sur une épaisseur de 10 cm.

□ Prélèvements qualitatifs.

On a utilisé le filet troubleau qui recueille le maximum d'individus et d'espèces. Les récoltes ont porté sur les 4 grandes mares. Ce type d'échantillonnage dans les mares cupulaires risquait de trop perturber le biotope.

1.4.2.2. Richesse spécifique.

La richesse totale varie selon la taille des mares et leur degré d'évolution.

La richesse maximale s'observe dans la mare de Crau (104 espèces) et dans celle de Catchéou 2 (98 espèces). Dans les mares cupulaires la communauté la plus riche compte 18 espèces.

Les valeurs recensées pour 2 séries évolutives sont :

1ère série (grandes mares) :

- Catchéou 1 (mare récente) : 69 espèces.
- Catchéou 2 (mare à maturité) : 98 espèces.
- Catchéou 3 (mare en voie de comblement) : 64 espèces.

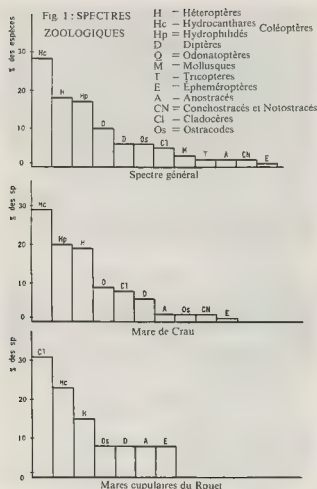
2ème série (mares cupulaires) :

- mare récente (peu de végétation, stade à *Callitriche* et *Calligonum*) : 15 espèces.
- mare à maturité (développement des *Isoetes*) : 18 espèces.
- mare en voie de comblement (envahissement par les Mousses) : 7 espèces

La comparaison de la richesse moyenne (nombre moyen d'espèces récoltées par échantillon) à la richesse totale d'une même communauté (plancton exclu) donne les valeurs suivantes :

STATIONS	RICHESSE	
	TOTALE	MOYENNE
Mare de Crau	87	20,5
Mare de Catchéou 1	59	17,2
Mare de Catchéou 2	84	13,4
Mare de Catchéou 3	53	16
Mare cupulaire 1	8	4,1
Mare cupulaire 3	11	5
Mare cupulaire 5	4	1,4

Ainsi, la richesse moyenne est très éloignée de la richesse totale ; ceci résulte de la présence de nombreuses espèces «sporadiques» qui ne figurent que dans quelques prélèvements et dont les populations comptent très peu d'individus

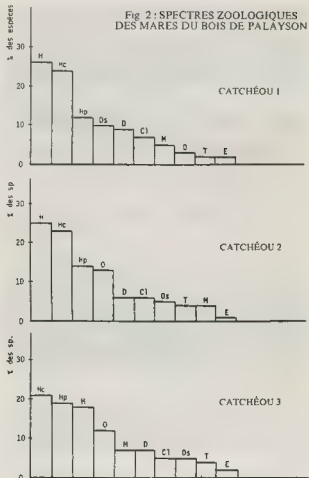


1.4.2.3. Spectre zoologique.

Il traduit la richesse spécifique des différents groupes systématiques par rapport à la richesse totale du peuplement considéré. Il est représenté sous la forme d'histogrammes (cf. Fig. 1, 2). Dans les grandes mares les mêmes groupes prédominent et réunissent entre 60 % et 70 % des espèces. Ces groupes sont représentés en majorité par des formes adultes, à grande capacité de vol, qui viennent coloniser ces mares depuis des biotopes aquatiques voisins. Dans les mares cupulaires le plancton, formé d'Ostracodes et de Cladocères, occupe la première place. Ce sont presque toutes les espèces à cycle court passant la période d'assez sous une forme de résistance dans le sédiment.

1.4.2.4. Étude comparative des peuplements stationnels.

On ne relève que 7 espèces pour la plupart cosmopolites communes aux 9 stations. La mare de Crau héberge en propre 34 espèces - Catchéou 1, 8 espèces - Catchéou 2, 10 espèces - Catchéou 3, 10 espèces. Quatre espèces seulement sont propres aux mares cupulaires : *Tanytastix lacunae*, *Cyclocypris* sp., *Hydroporus obsoletus*, *Dasyhelea* sp.



La communauté des mares cupulaires apparaît tout à fait différente de celle des grandes mares :

- composition biotique réduite (21 espèces pour l'ensemble des 5 stations),
- importance des Nématodes et des populations d'Entomostacés nageurs avec prédominance des Ostracodes et des Anostracés,
- grande rareté des Copépodes,
- forte abondance des larves de Diptères Cératopogonidés qui, avec les Nématodes, constituent l'essentiel de la faune benthique.

Il s'agit d'une communauté qui réunit des organismes adaptés aux assèchements nombreux (5 en 1977) et irréguliers dans leur fréquence et dans leur durée. Seuls certains invertébrés à cycle court et présentant des possibilités d'anhydrobiose peuvent donc coloniser ce type d'habitat.

1.4.2.5. Structure hiérarchique des communautés.

Les coefficients analytiques d'abondance et de fréquence

centésimales permettent d'établir un classement écologique des espèces basé sur leur importance relative. La synthèse des résultats figure sous la forme de courbes cumulatives des abondances relatives et sous forme d'histogrammes de fréquence.

□ Courbes cumulatives des abondances (cf. fig. 3)

Elles sont établies, en cumulant les abondances à partir des valeurs les plus élevées et en fonction de nombre d'espèces exprimé en pourcentage. Pour toutes les communautés on obtient des courbes très convexes en raison de la forte dominance d'un petit nombre d'espèces.

Ainsi pour la communauté de la mare de Crau :

- 53 % de l'abondance sont représentés par 4 espèces,
- 90 % de l'abondance sont représentés par 21 espèces

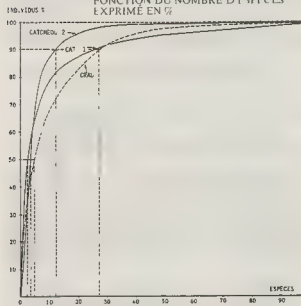
Pour la communauté de la mare de Catchéou 1 :

- 49 % de l'abondance sont représentés par 1 espèce,
- 90 % de l'abondance sont représentés par 14 espèces.

Pour la communauté de la mare de Catchéou 2 :

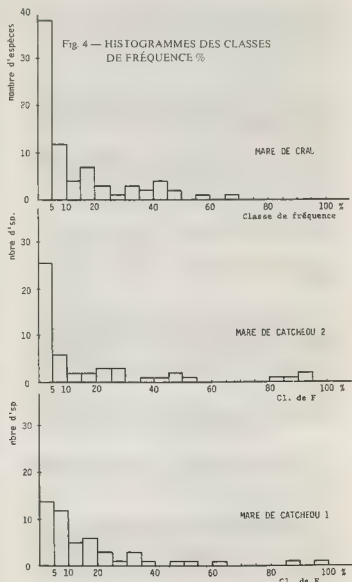
- 56 % de l'abondance sont représentés par 3 espèces,
- 90 % de l'abondance sont représentés par 8 espèces.

Fig. 3 — COURBE CUMULATIVE DES ABONDANCES RELATIVES EN FONCTION DU NOMBRE D'ESPÈCES EXPRIMÉ EN %



□ Histogramme de fréquences (cf. fig. 4).

Toutes ces communautés possèdent très peu d'espèces dont la fréquence est supérieure à 50 %. de 5 à 8 pour les 4 grandes mares, et de 1 à 3 pour les 5 mares cupulaires. Les espèces à faible fréquence (moins de 10 %) sont les plus nombreuses ; elles représentent 58 % des espèces à la mare de Crau, 62 % des espèces à la mare de Catchéou 1, 63 % des espèces à la mare de Catchéou 2, 47 % des espèces à la mare de Catchéou 3.



1.4.2.6. Diversité.

Lorsque la distribution des individus est homogène, les espèces sont représentées par des populations de dimensions voisines ; la valeur de l'indice est élevée. Par contre lorsque dans la communauté quelques espèces sont largement dominantes en effectif par rapport aux autres, l'indice de diversité est faible. L'indice utilisé est celui de SHANNON qui traduit la diversité réelle (H_s) :

$$H_s = 3,322 \left(\log Q - \frac{1}{Q} \sum q_i \log q_i \right),$$

Q = nombre total d'individus,
 q_i = nombre d'individus par espèce.

On tient compte aussi de la diversité théorique, où toutes les espèces de la communauté sont représentées par le même nombre d'individus. Son expression mathématique est :

$H \max = \log_e S$ dans laquelle S = richesse du peuplement (= nombre d'espèces).

Ces deux indices dépendent du nombre d'espèces ; ils sont donc difficilement utilisables pour comparer des communautés de richesses différentes. La diversité relative Hr % (ou équitabilité) est plus significative car elle exprime, en pourcentage, le rapport $Hs/H \max$.

Il est alors possible de comparer les équitabilités de peuplements différents. Les valeurs suivantes de la diversité et de l'équitabilité ont été obtenues pour 3 types de communauté dans 3 mares caractéristiques.

	Mare de Crau	Mare de Catchéou 2	Mare cupulaire 3
Hs	4,12	2,92	0,43
$H \max$	6,10	5,61	4,09
Hr %	68	52	11

Il est clair que le degré de stabilité du peuplement (qui est fonction de la valeur de Hr %) est en rapport avec la dimension de la mare et avec la durée de la phase inondée. La communauté la plus instable est celle des mares cupulaires qui sont soumises au cycle hydrobiologique le plus perturbé.

2. DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES ABIOTIQUES-SOLS

Les sols des associations végétales provençales se rattachant à l'*Isoetion* ont été étudiés par les méthodes classiques d'analyse

□ Épaisseur des sols.

Le substratum géologique peut se trouver, cas extrême, à partir de 7-8 cm (cuvettes de la Coile du Rouet). En général les sols ne sont pas épais (25-35 cm) ; cependant, exceptionnellement, l'association à *Isoetes dureul* et *Nasturtium asperum* peut se développer sur des alluvions très épaisses (jusqu'à 60 cm).

□ Texture.

La texture est sableuse à limono-sableuse

□ Structure.

Le sol de l'*Isoeto-Nasturtietum* offre une structure en général particulière meuble et s'oppose à celui de l'association à *Peplis erecta* et *Ranunculus repens* pour lequel la structure est particulière à tendance massive. Dans tous les cas, la porosité totale est faible (30-40 %) en dehors des horizons superficiels ; ceci est en liaison avec le colmatage des pores pendant les phases d'inondation.

□ Carbone organique.

Les taux de carbone organique restent toujours plus faibles

dans les sols de l'*Isoeto-Nasturtietum* (0,5 et 1,6 %) que dans ceux des groupements à *Peplis erecta* (0,5 et 7,5 %).

□ Azote.

Les taux d'azote varient très sensiblement d'un horizon à l'autre, d'un profil à l'autre, d'une association à l'autre.

□ Humus

Les taux d'humus n'excèdent qu'exceptionnellement 3 % dans les horizons supérieurs.

□ Calcaire.

Le calcaire est absent de tous les profils effectués sur les groupements se rattachant à l'*Isoetion*. Remarquons que le taux de calcaire total est voisin de 35 % dans certaines mares à *Laurentia michellii* de Crau.

□ pH.

Le pH est acide à faiblement basique (valeurs comprises entre 5,2 et 7,7) en Provence cristalline. Il peut atteindre 8,0 dans la mare à *Teucrium cravense*

□ Capacité totale d'échange.

Dans les sols de l'*Isoeto-Nasturtietum*, elle présente des valeurs très souvent inférieures à 10 me/100 g. Dans les mares à *Peplis erecta*, elle varie entre 6 et 16 me/100 g

□ Complexe absorbant.

Il est désaturé ou saturé. Dans le second cas, l'évaporation des eaux rassemblées dans la dépression a pour effet de concentrer les cations métalliques.

Tous les sols étudiés sont des sols de type AC, donc superficiels et constitués à partir de dépôts d'éléments fins.

3. INFLUENCE DES PARAMÈTRES DU MILIEU SUR L'INDIVIDUALISATION ET LA DYNAMIQUE DES BIOCENOSES

3.1. Individualisation des phytocénoses.

Le régime hydrique lié au climat et à la microtopographie reste le facteur majeur déterminant la différenciation des associations végétales qui n'entrent jamais en concurrence pour la conquête du substrat car chacune est déterminée par un niveau d'eau différent et par suite une localisation particulière.

Par contre la composition floristique dans les stations varie en fonction des conditions météorologiques de l'année. Par exemple dans l'association à *Peplis erecta* et *Ranunculus repens*, quand le printemps est caractérisé par des précipitations plus importantes que la moyenne, apparaissent à la fois des espèces plus rares comme *Cicendia pusilla*, *Corrigiola telephifolia*, *Herniaria glabra*, *Linaria graeca*, *Linaria cirrosa* et des faciès particuliers à *Scirpus setaceus* ou à *Juncus fasciculatus*.

Au contraire, les printemps secs se caractérisent par la raréfaction et même la disparition des espèces précédentes alors que pullulent les espèces moins exigeantes quant à l'humidité. Se créent ainsi des faciès à *Lythrum thymifolium*, *Lotus*

angustissimus, et divers joncs annuels qu'accompagnent quelques transgressives des pelouses méso-xérophiles à Héland-thèmes telles que *Lotus parviflorus*, *Lotus hispidus* et *Trifolium resupinatum*.

Liées au régime hydrique et à la hauteur d'eau, les associations de l'*Isoetion* le sont aussi à la microtopographie. Cette dernière constitue en réalité la cause première de la différenciation des groupements car elle détermine par ses variations, aussi faibles soient-elles, des nuances prépondérantes dans l'hydromorphie des biotopes. Des dénivellations de quelques centimètres suffisent pour créer une mosaïque d'individus d'associations ou de sous-associations couvrant chacun un à quelques mètres carrés. Ceci est évident aux abords de la mare de Catchéou où le creusement ancien de profils pédologiques a induit l'apparition, dans les trous, d'espèces (*Cicendia filiformis*, *Peplis erecta* et *Ranunculus revelieri*) témoignant de la réalisation de l'association à *Peplis erecta* alors que précédemment n'était présent que l'*Isoeto-Nasturtietum*.

Toutes ces considérations conduisent à penser qu'en un lieu donné la végétation potentielle est constamment plus importante que celle qui est en réalité observée et qu'elle est le plus souvent maintenue dans des limites restrictives d'épanouissement, cette végétation potentielle ne prend son véritable essor que certaines années à précipitations exceptionnelles non pas tant par leur quantité que par leur durée et leur position dans le temps. La durée de l'immersion paraît en tous cas un facteur prépondérant pour la réalisation des cycles biologiques de chaque espèce.

3.2. Dynamique des associations végétales.

3.2.1. Dynamique sur un cycle annuel : Phénologie.

La floraison des espèces de l'*Isoetion* se produit au printemps et au début de l'été ; si les précipitations sont précoces, elle est avancée, retardée (ou absente pour certaines espèces) dans le cas contraire.

L'*Isoeto-Nasturtietum* colonise le sol dès octobre. *Isoetes durieui* est en effet déjà très abondant à ce moment mais la plupart des autres espèces fleurissent de mai à juin. Le cycle annuel de l'association à *Peplis erecta* et *Ranunculus revelieri* beaucoup plus rapide, dure deux ou trois semaines. Si les premières chaleurs et l'assèchement du substrat sont avancés de nombreuses espèces caractéristiques demeurent à l'état de plantules et sont rapidement détruites avec l'assèchement du sol. Les groupements du *Lythron tribracteatum* montrent au contraire un épanouissement maximum pendant l'été et au début de l'automne.

3.2.2. Dynamique et succession des associations végétales.

C'est le niveau d'eau qui conditionne dans les mares la zonation de la végétation. Pour les ruisselets temporaires, c'est la durée et l'intensité de l'écoulement.

La zonation classique des mares montre une zone centrale à *Eleocharis palustris* et *Juncus conglomeratus* où se développent, à Cathéou, *Isoetes setacea*, *Callitriche* div. sp., *Ranunculus ophioglossifolius*, *Alisma* div. sp., *Gratiola officinalis*, etc...

Puis une bande plus ou moins large où apparaissent *Isoetes velata*, *Ranunculus revelieri*, *Cicendia filiformis*, *Cicendia pusilla*, *Laurentia micheli*, *Peplis erecta* et très localement en Corse

Littorella lacustris et en Corse, Roquehaute et Biot *Phalaris minuta*. La station à Pilulaire du Terme Blanc de Biot a été détruite.

Fait suite vers l'extérieur, une bande à *Isoetes durieui* avec *Scirpus setaceus*, *Scirpus savi* sur sols limono-sableux et *Radioa limoides*, *Aciroptis globosa*, *Aira capillaris* sur sols sableux.

A la périphérie des mares de Provence s'observe enfin une ceinture à *Serapias neglecta*, *longipetala* et *cordigera* et *Oenanthe lachenali* qu'accompagne, dans le bois de Palaysou, l'*Andropogonée Chrysopogon gryllus*.

Pour les ruisseaux, la zonation est la suivante :

- zone d'écoulement des eaux à *Juncus conglomeratus*, *Juncus tenageia*, *Eleocharis palustris*,
- zone de bordure à *Isoetes durieui*, *Nasturtium asperum*,
- zone sableuse où se développent les pelouses à Héland-thèmes ou à Graminées annuelles, puis passage aux Cistaies et maquis à Ericacées.

Pour les petites cuvettes creusées dans la rhyolite de la Golle du Rouet, les stades observés varient avec la profondeur et le degré d'évolution des sols.

- dans les cuvettes à sols sableux non humifères s'observe un stade à *Crassula vallantii*,
- dans les cupules à sols humifères peu épais se développent *Callitriche cuspidata*, *Drepanocladus fluitans*, *Callitriche stagnalis*,
- si le sol est plus riche en humus, apparaissent *Isoetes velata* et *Peplis erecta*,
- dans les cuvettes presque comblées, ce sont des stades à *Ophioglossum lusitanicum* et *Isoetes durieui* qui se développent ; ils rappellent alors les formations observées à Biot.
- dans les cuvettes sur rhyolites, les mousses jouent un rôle de premier ordre.
- si les cuvettes s'assèchent à la faveur de fissures dans la roche-mère, *Grimmia campestris* occupe le sol d'une manière massive
- Au contraire, si la cuvette évolue lentement, on assiste à la succession suivante :
 - apparition de *Leptodictyum kochii*, coussins de *Bryum alpinum*, *Bryum pseudo-trisetum*, *Gimnia apocarpa* qui facilitent l'apparition des graminées et papilionacées annuelles.

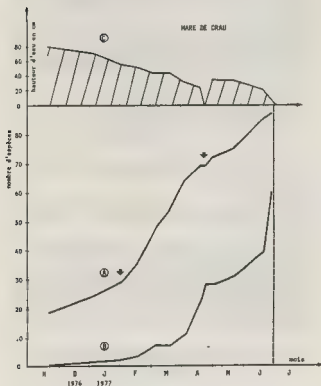
3.3. Dynamique temporelle des communautés animales.

Afin de suivre l'évolution des communautés sur un cycle hydrologique, nous avons analysé les courbes cumulatives d'apparition et de disparition des espèces en étudiant les variations de la diversité et de l'équitabilité.

3.3.3. Courbes cumulatives (cf. fig. 5 et fig. 6).

Elles ont été établies en cumulant, d'une part, le nombre des espèces nouvellement apparues au cours des prélèvements successifs (courbe cumulative d'apparition des espèces) et,

Fig. 5 — COURBES CUMULATIVES
D'APPARITION DES ESPÈCES (A)
DE DISPARITION DES ESPÈCES (B)
Variation du niveau d'eau (C)



d'autres part, le nombre des espèces qui disparaissent des prélèvements (courbe cumulative de disparition des espèces). Cette méthode n'a pu être utilisée que pour les biotopes dont la phase inondée est la plus longue (mare de Crau, mare de Catchéou 2). La forme des courbes cumulatives d'apparition des espèces montre que l'écosystème de ces mares temporaires est de type évolutif : la richesse n'atteint jamais un palier correspondant à la richesse maximum, contrairement aux peuplements de milieux permanents.

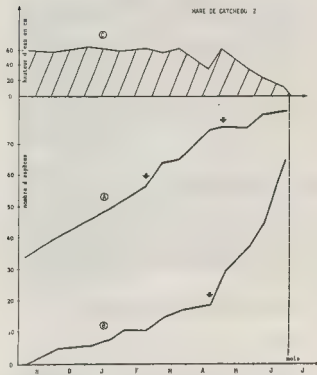
Les courbes font apparaître deux périodes dans l'évolution des communautés. Une première où les pertes en espèces sont limitées et où le changement de faune est déterminé principalement par l'apparition régulière d'espèces. Une deuxième période de grands bouleversements qui commence en avril avec l'abaissement du niveau de l'eau et correspond à la disparition de plusieurs espèces et à l'arrivée de nouvelles.

A titre d'exemple, l'analyse détaillée de la courbe cumulative d'apparition des espèces dans la mare de Crau permet de distinguer 4 phases dans l'évolution du peuplement :

a) Au début de la remise en eau (novembre), jusqu'à la fin février, la courbe est régulièrement ascendante.

La colonisation du biotope se fait d'abord par des espèces qui ont passé la période d'assez en état de vie ralentie dans le

Fig. 6 — COURBES CUMULATIVES
D'APPARITION DES ESPÈCES (A)
DE DISPARITION DES ESPÈCES (B)
Variation du niveau d'eau (C)



sédiment : *Physa fontinalis*, les Copépodes Cyclopides et Harpacticides, l'Ostracode *Cyclocypris ovum* apparaissent en premiers ; ils sont suivis par les éclosions des éphippies de Cladocères et des oeufs d'Ostracodes. La colonisation dépend aussi de l'arrivée par voie aérienne des imagos de Coléoptères et d'Hétéroptères ; de plus, des femelles de Diptères Culicidés et Chironomidés, de Trichoptères, d'Odonates et de *Cloeon dipterum* viennent pondre des oeufs qui éclosent rapidement et les nouvelles larves accroissent la richesse du peuplement.

b) Au début de mars la pente de la courbe est plus forte en raison d'une nouvelle arrivée d'immigrants :

□ Mare de Crau :

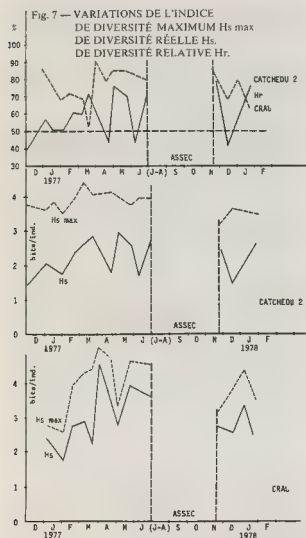
- 5 espèces de Coléoptères : *Rhantus pulverosus*, *Coelambus parallelogrammus*, *Hydrous piceus*, *Graptodytes bilineatus*, *Guignotus pusillus*.

- 4 espèces d'Hétéroptères : *Plea leachi*, *Gerris thoracicus*, *Naucoris cucinoides*, *Notonecta glauca*.

□ Mare de Catchéou 2 :

- 3 espèces de Coléoptères : *Rhantus pulverosus*, *Anacaena limbata*, *Gyrinus urinator*.

- 4 espèces d'Hétéroptères : *Notonecta viridis*, *Gerris gib-*



Le Cladocère *Chydorus sphaericus* apparaît alors dans le plancton.

□ Mare de Catchéou 2 :

- 2 espèces de Coléoptères : *Agabus nebulosus*, *Bidessus geminus*

- 1 espèce d'Hétéroptère : *Velia caprai*.

La courbe de disparition des espèces complète les constatations précédentes : une importante émigration se manifeste en avril, dès que le niveau de l'eau baisse

3.3.2. Diversité (cf. fig. 7).

Les variations de la diversité théorique (H max) reflètent celles de la richesse en espèces des deux communautés étudiées (mare de Crau et Catchéou 2). Les valeurs augmentent depuis la remise en eau jusqu'à la diminution de la hauteur d'eau. Le maximum est atteint en avril pour la mare de Crau (H max = 4,39). Quand le niveau baisse les valeurs sont plus faibles mais restent encore élevées

La diversité réelle (Hs) suit de près l'évolution de la diversité théorique en Crau. Une telle concordance n'existe pas à Catchéou.

En Crau, cependant, on observe une exception en mars où les valeurs de Hs sont éloignées de celles de H max ; ceci est dû à l'arrivée d'immigrants (augmentation de H max) et à une forte dominance des *Orthocladinae* dont l'abondance passe de 7 à 52 % (diminution de Hs).

Les relations entre Hs et H max s'expriment par l'équabilité. Les valeurs de ce paramètre sont toujours supérieures à 50 % dans la mare de Crau, avec un maximum dépassant 90 % en avril. Par contre, à Catchéou l'équabilité évolue entre 40 % et 75 % avec des fluctuations plus rapides. Ici, la communauté est donc plus instable, probablement en raison des dimensions plus réduites du biotope. Il est significatif de constater que les variations de Hs évoluent dans le même sens que la teneur en oxygène : les valeurs les plus faibles de l'équabilité coïncident avec les périodes de déficit en oxygène dissous (cf. mare de Crau).

4. COLONISATION D'HABITATS TEMPORAIRES NEO-FORMÉS.

bifer, *Notonecta glauca*, *Hydrometra stagnorum*

c) La courbe s'aplatit à la suite d'une forte diminution des immigrations, consécutive à l'abaissement du niveau.

d) De nouvelles pluies (fin mai) font remonter le niveau ; de nouvelles espèces apparaissent et viennent pondre :

□ Mare de Crau :

- 7 espèces de Coléoptères : *Brychus elevatus*, *Hydrovatus cuspidatus*, *Tricholimnebius* sp., *Hydrobius fuscipes*, *Coelostoma orbiculare*, *Helochares lividus*, *Cercyon* sp.

- 3 espèces d'Hétéroptères : *Ranatra linearis*, *Microvelia pygmaea*, *Hydrometra stagnorum*.

- 1 espèce d'Odonate : *Aeschna parthenope*.

La colonisation de mares de formation récente a pu être observée en bordure de routes et de pistes construites récemment où les modifications topographiques ont entraîné des accumulations d'eau. Ces mares sont rapidement colonisées par des espèces résistantes et à forte capacité de multiplication végétative : *Eleocharis palustris*, *Juncus conglomeratus*, *Typha latifolia*, *Mentha pulegium*. Les espèces annuelles des groupements à *Isotetes* voisins arrivent assez rapidement, du moins pour certaines d'entre-elles telles que *Juncus buffonius*, *Juncus capitatus*, *Juncus pygmaeus* que l'on peut d'ailleurs observer dans des pelouses sablonneuses les plus mésophiles des *Hehanthemetea annua*. Nous avons pu observer aussi que ces biotopes néoformés (cinq à sept ans suivant les cas) renfermaient également *Callitriche stagnalis* et *Lythrum hyssopifolium*. Il est possible que le vent et le ruissellement jouent un

rôle dans la dissémination des graines et des spores mais celles-ci est vraisemblablement surtout assurée par les oiseaux. La plupart des espèces sont des ornithochores. Le développement récent de *Ranunculus revelieri* dans les Maures (une trentaine d'années) est probablement lié à l'apport de semences par les oiseaux depuis la Corse. Les *Isoetes* seraient également disséminés par cette voie ; les oiseaux consomment des rhizophores qui, rejetés dans certaines mares, peuvent s'y développer. Quant à la dynamique spatiale des communautés animales elle a été étudiée sur trois mares d'âge différent dans le bois de Palayson :

- une mare jeune (*Catchéou 1*) où la végétation est formée de taxons pionniers,

La végétation animale comprend 69 espèces dont l'organisation est fortement déséquilibrée par la dominance de deux populations de Gastéropodes (*Physa fontinalis* et *Limnaea truncatula*) représentent 59 % de l'abondance totale.

- une mare évoluée (*Catchéou 2*) avec différenciation de plusieurs ceintures de végétation.

La communauté compte 96 espèces de distribution beaucoup plus égale.

- une mare en voie de comblement (*Catchéou 3*) représentant un stade ultérieur dans la série évolutive

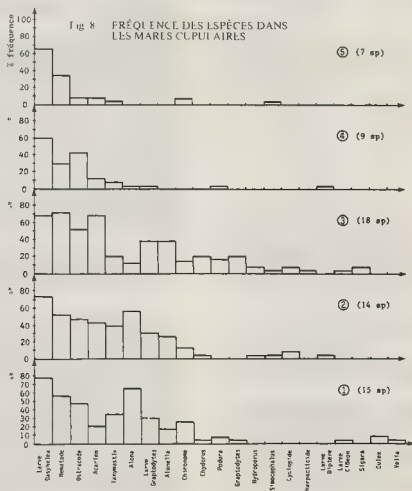
Le peuplement (64 espèces) est caractérisé par une dominance moyenne des Mollusques et des Odonates, tandis que les Coléoptères qui dominent dans la mare précédente, sont beaucoup moins représentés.

Entre les 3 éléments de cette succession on assiste à un remplacement d'espèces au sein de certains groupes zoologiques (Ostracodes, Coléoptères).

Ex : *Cypridopsis vidua* (mare I) remplacé par *Cyclocypris ovum* (II et III).

Une dynamique de ce type s'observe aussi sur les mares cupulaires de la Colle du Rouet ; le remplacement des espèces affecte surtout les Crustacés.

La comparaison des histogrammes des fréquences pour les communautés des 5 mares cupulaires (cf. fig. 8) montre l'évo-



lution du peuplement en fonction de l'ancienneté du biotope. Cette évolution, depuis la mare la plus récente (1) jusqu'à la mare presque comblée (5) se fait au détriment des formes naeuses : *Tanyastix*, Cladocères, Ostracodes.

Par contre, les organismes benthiques (larves de Cératopogonides et de Chironomides, Nématodes, Acariens Oribates) constituent l'essentiel du peuplement de la mare la plus ancienne.

5. RECHERCHE ET ÉVALUATION DES RISQUES D'APPAUVRISSMENT OU DE DISPARITION — RÉSISTANCE SPÉCIFIQUE À L'ACTION HUMAINE.

L'atterrissement est le processus qui détermine l'évolution naturelle des mares et cuvettes et transforme rapidement ces biotopes.

Cet atterrissement est provoqué lors des pluies si la végétation entourant les mares et les cuvettes a subi une dégradation. Il en est ainsi lorsque sont effectués des travaux de «nettoyage» du sous-bois ou encore quand l'incendie élimine la végétation arbustive. Les processus d'érosion sont alors facilités et avec eux l'apport de matériaux dans les dépressions.

Dans certains cas, c'est le drainage qui est à l'origine de la régression des biotopes ; c'est ainsi qu'il s'explique la disparition des groupements végétaux de la Costière nîmoise qui ont été remplacés par des cultures après des opérations d'assainissement des sols. Dans cette même région, l'occupation par les cultures de certains terrains a entraîné l'abandon de l'entretien de canaux de drainage qui ont été rapidement envahis par des pelouses à *Deschampsia*, graminée à fort pouvoir concurrentiel qui a éliminé les formations à *Damasonum* et *Trigonella onthopodioides*.

Pour les cuvettes creusées dans la rhyolite de la Colle du Rouet, l'évolution est précipitée de diverses manières : fissure de roche par diaclase vidant la cuvette ; installation de mousses à développement rapide qui accélèrent le comblement ; apports solides extérieurs.

Certains milieux développés en zone agricole sont directement menacés par leur mise en valeur pour la culture ; c'est le cas de la mare à *Teucrium cravense* de Crau, de celle de St. Estève et des dolines à *Ariemisia molineri*.

Parmi les risques et les impacts plus directs, il faut mentionner l'urbanisation (lotissement de la Bouverie dans le Bois de Palayson), la construction de pistes et de routes, la réalisation de terrains de camping.

Tout ce qui augmente la fréquentation est donc préjudiciable à ces biotopes.

Il ne faudrait pas oublier de mentionner encore le risque des plus importants pour les espèces végétales rares que constitue le Botaniste lui-même ; certains scientifiques malheureusement sont des collectionneurs avant d'être des chercheurs.

6. ADAPTATION DES ORGANISMES À LA SÈCHERESSE.

6.1. Végétaux.

L'adaptation des végétaux à la sécheresse est remarquable. Les espèces qui colonisent ces milieux sont pour la plupart des annuelles à cycle de développement court (éphémérophytes) qui représentent des exigences écologiques très strictes pour leur développement. La durée de leur cycle est variable (2 à 6-7 semaines) et dépend à la fois de la période et de la durée de l'imbibition du substrat. Plus la période d'inondation est courte, plus le cycle biologique des espèces l'est et plus leur taille est petite. Certaines années, quand le taux d'humidité est insuffisant, quelques espèces (*Laurentia*, *Radiola*, *Cicendia*) n'apparaissent pas ou, plus rarement, montrent un cycle inachevé. Les *Isoetes* sont également bien adaptés à la sécheresse temporaire. Ainsi nous avons pu remarquer qu'*Isoetes valata* se comporte suivant les biotopes, en espèce annuelle ou en espèce vivace. C'est le cas notamment dans les cuvettes sur rhyolite où l'on ne trouve pas de bulbe en été alors que ceux-ci persistent dans les mares plus longtemps humides. C'est précisément dans les cuvettes que les conditions écologiques d'une extrême sévérité imposent à tous les végétaux de passer la mauvaise saison à l'état de graines ou de spores.

6.2. Animaux.

On distingue deux catégories d'espèces :

a) *Espèces temporaires ou migrantes* : Elles arrivent d'autres biotopes aquatiques temporaires ou permanents. Ce sont des formes ailées qui participent aux premiers stades de colonisation des mares. Il s'agit principalement de types à cycle court qui réalisent leur développement préimaginal dans la mare temporaire si la ponte n'est pas trop tardive. A cette catégorie se rapportent tous les Héteroptyères, les Odonates, la plupart des Coléoptères, les Trichoptères, la plupart des Diptères. Ces espèces représentent 65 % de la faune.

b) *Espèces permanentes* : elles évoluent dans le biotope et se trouvent toujours confrontées à une période d'assèchement. Elles doivent donc passer par une phase de vie lente. Cette adaptation est réalisée selon différentes modalités : apparition d'oeufs de résistance chez les Anostracés, les Ostracodes, les Copépodes Calanides ; enfouissement des individus dans le sédiment : Copépodes IV des Copépodes Cyclopoïdes, adultes de Copépodes Harpacticoides, adultes de *Cyclocypris ovum* (Ostracode), larves de *Berosus*, d'*Haliphys guttatus*, d'*Elophorus*, de *Dryops* (Coléoptères), de Diptères Cératopogonides et Chironomides, Mollusques.

Des expériences de remise en eau de sédiments prélevés dans les mares à sec ont permis de mettre en évidence ces phénomènes, d'en préciser l'importance et d'observer l'ordre d'apparition de ces espèces lors de la reprise du cycle hydrologique. On a remarqué notamment que le Coléoptère *Berosus signatilis* s'enfouit dans le sédiment au début de l'assec, soit sous forme d'imagos, soit sous forme de larves au dernier stade. Ces dernières poursuivent leur évolution en se nymphosant dans le sédiment sec, les nymphes se transformant ensuite en imagos dans les mêmes conditions de vie.

Des remises en eau de sédiment sec montrent l'ordre d'apparition des espèces pour un prélèvement de Catchéou 2 (juillet 1977) remis en eau fin septembre :

- quelques minutes après imbibition apparaissent à la vie active des adultes de *Cycloprys* et des Copépodes IV de Cyclopidés.

- trois heures après se manifestent des *Physa*, des adultes de *Berosus signatocollis*, des larves de Dryops.

- 12 jours après les Copépodes Calanides et Harpacticides, les Cladocères *Ceriodaphnia reticulata* et *Chydorus sphaericus* passent en vie active. Ces organismes proviennent des oeufs et des ephyppies éclos lors de la réhumectation.

Ce sont des espèces «permanentes» qui permettent le repeulement immédiat de ces mares.

7. ESPÈCES ET BIOTOPE A PROTÉGER CONCLUSION

Les exigences écologiques, le morcellement de l'aire de répartition, la rareté de certaines espèces, l'intérêt systématique et chorologique de plusieurs d'entre-elles, les risques actuels de disparition, l'originalité de leur fonctionnement conduisent à proposer le classement de certains biotopes.

- Mare de Saint-Estève près de Perpignan,
- Mare de Roquehaute dans l'Hérault,
- Mare à *Teucrium cravense* de Crau,
- Mare de Catchéou dans le Var,
- Cuvettes de la Colle du Rouet dans le Var,
- Mare de Terme blanc dans les Alpes-Maritimes,
- Mares à *Artemisia molinieri* dans le Var,
- Dépressions des Tre Padule en Corse

Une trentaine d'espèces animales et végétales, le caractère exceptionnel des biotopes, de leur végétation et de leur communauté animale justifient cette demande.

La protection de ces milieux implique aussi celle des zones environnantes afin que l'alimentation en eau des biotopes ne soit pas perturbée

Précision enfin que certaines espèces végétales (notamment celles du département du Var) en voie de disparition sont déjà mises en culture au Conservatoire de Porquerolles (Var).

BIBLIOGRAPHIE (Références générales)

- AUBERT (G.) et LOISEL (R.) — Contribution à l'étude des groupements des *Isoetes-nanajunctetia* et des *Helianthemetia annua* dans le sud-est méditerranéen français. *Ann. Univ. Provence*, XLV, 203-241.
- BARBERO (M.) 1964 — L'Isoetion en Provence : étude écologique et phytosociologique. *Fac. Sc. Marseille, D.E.S.*, 1-140.
- BARBERO (M.) 1965 — Groupements hygrophiles de l'Isoetion dans les Maures. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 112, 276-290.
- BARBERO (M.) 1967 L'Isoetion des Maures, groupements mésophiles — Étude du milieu. *Ann. Fac. Sc. Marseille*, XXXIX, 25-37.
- BARBERO (M.), LOISEL (R.) et POIRION (L.) 1969 — Sur quelques aspects mal connus de la flore et de la végétation de l'Estérel. *Le Monde des plantes*, 364, 12-15.
- BOUCHARD (L.) 1951 — Un Isoetion dans les Basses Maures. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, IV.
- BOUCHARD (L.) 1952 — Suite de l'Isoetion dans les Basses Maures. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, V, 259.
- BRAUN-BLANQUET (J.) 1938 — L'Isoetion, un joyau floristique méditerranéen. *Stat. Int. Geobot. Médit. et Alp.*, 66; *Bull. Soc. Sc. Nat. Nîmes*, 47.
- DHIEM (R.) 1963 — Répartition géographique des Isoetes en France. *Bull. Soc. Linn. Lyon*, 8.
- HARANT (H.), RIOUX (P.) et QUEZEL (P.) 1950 — L'Isoetion de la Mare de Grammont. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 97, 173-175.
- HEBRARD (J.P.) 1968 — Étude bryologique des massifs des Maures et de l'Estérel. *Thèse de spécialité, Fac. Sc. Marseille*, 1-158.
- LOISEL (R.) 1976 — La végétation de l'étage méditerranéen dans le sud-est français. *Thèse de Doctorat-ès-Sciences*, 476 p., Marseille.
- MAIRE (R.), MOLINIER (R.) et TALLON (G.) 1947 — Une labiée nouvelle de la flore française. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 94 (7-8), 215-219.
- MALCUI (G.) 1962 — L'Isoetion en Corse. *Ann. Fac. Sc. Marseille*, 33, 87-102.
- MOLINIER (R.) 1937 — Les îles d'Hyères. *Ann. Soc. Hist. Nat. Toulon*, 21.
- MOLINIER (R.) et TALLON (G.) 1947 — L'Isoetion en Crau (Bouches-du-Rhône). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 94.
- MOLINIER (R.) et TALLON (G.) 1948 — L'Isoetion en Costière nîmoise. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 95.
- MOLINIER (R.) et TALLON (G.) 1949 — La végétation de la Crau (Basse Provence). *Rev. Gen. Bot.*, 56, 1-130.
- MOLINIER (R.) et TALLON (G.) 1968 — Friches et prairies de Camargue. *La Terre et la Vie*, 4, 423-457.
- NOZERAN et ROUX 1968 — A propos d'un Isoetion dans les Pyrénées-orientales. *Naturalia Monspeliaca*, 19, 179-200.
- POIRION (L.) 1966 — *Ophoglossum azoricum* Presl, plante nouvelle pour la Côte d'Azur. *Riv. Sc.*, 55, 44.
- POIRION (L.) et BARBERO (M.) 1965 — Groupements à *Isoetes velata* A. Braun, (*Isoetes variabilis* Leg.). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 11, 936-942.
- POIRION (L.) et BARBERO (M.) 1966 — L'Isoetion du massif de Biot (Alpes Maritimes). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 113, 410-416.
- POIRION (L.), BARBERO (M.), LOISEL (R.) 1969 — Aperçu général sur la flore de l'Estérel. *Riv. Sc.*, 45-48, 65-72.
- QUEZEL (P.), BARBERO (M.), LOISEL (R.) 1966 — *Artemisia molinieri*, espèce nouvelle pour la flore française. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 113, 524-531.
- QUEZEL (P.) et ZEVACO (Cl.) 1964 — Découverte en Corse de *Psilularia minuta*, Dur. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 111.
- TERZIAN (E.) 1979 — Ecologie des mares temporaires de l'Isoetion sur la Crau et l'Estérel (France). *Thèse de 3ème cycle, Fac. Marseille*.
- ZEVACO (Cl.) 1966 — Sur la présence en Corse d'*Isoetes maropoda*. *Guss. Bull. Soc. Hist. et Nat. de Corse*, 579, 65-70.



TABLE DES MATIÈRES DU TOME 13

BARBERO, J. GIUDICELLI, R. LOISEL, P. QUEZEL et E. TERZIAN. — Étude des biocénoses des mares et ruisseaux temporaires à éphémérophytes dominants en région méditerranéenne française	387
J.L. BEAULIEU, M. COUTEAUX, Cl. GADBIN, A. PONS, M. REILLE et H. TRIAT. — Propositions pour une méthodologie de l'inventaire de la valeur paléocéologique des zones humides (l'exemple du Sud-Est de la France)	189
M. BIDAULT. — Les zones humides du secteur Frasn-Bonnevaux (Doubs)	241
M. BOURNAUD, J.P. LEDANT, J. BROYER et M. RICHOUX. — L'espace étang dans ses rapports avec l'avifaune en période de nidification	125
A. CANARD. — Essai d'étude écologique quantitative sur quelques groupes d'invertébrés épigés d'une lande sèche armoricaine. Présentation du milieu et résultats par zones de végétation	49
A. CHAMPEAUX ET COLL. — Les retenues hydro-électriques du Verdon : Impact sur la rivière, conséquences du marnage	203
J.L. CHAPUIS. — Régime alimentaire du lapin de garenne <i>Oryctolagus cuniculus</i> (L.) en bordure de champs de colza grain, <i>Brassica napus</i> (L.)	1
M.L. CHASSANY de CASABIANCA. — Lisières saumâtres et leurs indicateurs de fonctionnement et d'évolution	165
G. COOPER. — Réimplantation de <i>Posidonia oceanica</i> . Protection des implants	65
J.J. CORRE, L. BIGOT, G. BILLES, N. BOUAB, E. COULET, G. GAUTIER, P. HEURTEAUX, D. PONT et S. SKEFFINGTON. — Structure et peuplement des rives d'étangs temporaires en Basse Camargue	339
J.M. GEHU et J. GEHU-FRANCK. — Étude phytosociologique analytique et globale de l'ensemble des vases et prés salés et saumâtres de la façade atlantique française	357
P. GRISON. — Présentation de la publication «Écotones des zones humides»	101
P. JUGET et A. L. ROUX. — Une lône du Rhône, zone humide en position de lisière dans l'espace et dans le temps	109
G. KILBERTUS, R. ROHR et R. SCHWARTZ. — Les pluviolessivats de la forêt tropicale humide (Guyane française). Variations saisonnières qualitatives et quantitatives des éléments figurés	283
M. LOUIS et A. GUYARD. — Contribution à l'étude des peuplements ichthyologiques dans les mangroves de Guadeloupe (Antilles françaises)	9
R. MOENS. — Note au sujet de la distribution de <i>Zonitoides nitidus</i> Müller dans une prairie hygrophile non fauchée	265
R. MOENS. — Observations au sujet de la prédation de <i>Zonitoides nitidus</i> Müller sur <i>Lymnaea truncatula</i>	273
O. NAIM et L. AMOUREUX. — Le peuplement d'Annélides Polychètes mobiles associés aux algues d'un récif corallien de polynésie française (île de Moorea, archipel de la Société)	25
P. RÉAL. — Les caractéristiques des tourbières de la chaîne jurassienne	145
V. SCHRICKE. — Contribution à l'inventaire des richesses naturelles des estuaires : Le stationnement hivernal des Anatides dans l'estuaire de la Vilaine (Bretagne méridionale)	35
J. TOUFFET. — Contribution à l'étude des zones humides de Bretagne	329
RÉSUMÉS DE THÈSES	96, 307
ANALYSES D'OUVRAGES	96, 307
VIE DE LA SOCIÉTÉ	321

Le Directeur de la Publication : G. RICOU

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés réservés pour tous pays

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou des ayants-droits ou ayants-cause, est illicite » (alinéa 1er de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Photocomposition-Maquette, Ch. LHÉRIER - COMPO-SCIENCE, 34270 Les Matelles
Imprimerie TECHNIC-OFFSET, 34680 St. Georges-d'Orques — Imprimé en France.
Numéro d'inscription à la Commission Paritaire : 50062

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Seuls les membres de la Société à jour de leur cotisation peuvent publier dans le Bulletin. Dans tous les cas les articles proposés seront soumis à un Comité de Lecture composé par le Conseil de la Société d'Écologie. Sauf dérogation spéciale les articles ne devront pas dépasser 20 pages imprimées. Les clichés photographiques sont à la charge des auteurs.

Les manuscrits, dactylographiés en double interligne au recto seulement de feuilles numérotées, seront présentés sous leur forme définitive, et rigoureusement soignés dans le fond comme dans la forme. Ils seront fournis en 3 exemplaires (texte et figures). Les noms propres devront être en capitales ou souligné d'un double trait. Le titre du manuscrit devra être suivi du prénom et du nom du ou de chacun des auteurs, de leur adresse, ainsi que de l'adresse du laboratoire dans lequel le travail a été effectué. Les auteurs éviteront, sauf nécessité impérieuse, les abréviations autres qu'usuelles ; les notes infrapaginales, exceptionnelles et courtes, seront numérotées de 1 à n du début de l'article à la fin. Les références bibliographiques seront groupées à la fin du texte dans l'ordre alphabétique des noms d'auteurs ; elles devront être conformes au modèle suivant :

DE BACH (P.) et SUNDBY (R.A.), 1963. — Competitive displacement between ecological homologues. *Hilgardia*, 34, p. 105-166.

Le titre des périodiques sera abrégé d'après les règles internationales de nomenclature (*World list of scientific publications*, 4^e édition). Tout article de plus de 4 pages imprimées sera précédé d'un résumé en anglais ou en allemand. Ce résumé sera conforme au Code du bon usage en matière de publications scientifiques (UNESCO/NS/177).

Les dessins, exécutés à l'encre de Chine sur papier calque, bristol ou carte à grater, ainsi que les photos, devront être groupés de façon à éviter le plus possible des frais de mise en page. La réduction souhaitée sera indiquée sur chaque figure. On évitera de fournir des données chiffrées à la fois sous forme de tableaux et de graphiques. Les manuscrits qui ne seront pas présentés suivant ces normes seront renvoyés à leurs auteurs.

Un jeu d'épreuves accompagnées des illustrations est envoyé aux auteurs qui devront retourner l'ensemble après correction et indication de l'emplacement souhaité pour les figures, au plus tard dans un délai de dix jours.

Les membres de la Société peuvent publier dans le Bulletin des travaux originaux, et des mises au point sur des sujets se rapportant aux divers domaines de l'Écologie Générale et Appliquée. Les manuscrits doivent être envoyés au Secrétaire Général.

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

C/O Secrétariat Faune—Flore
57, rue Cuvier
75231 PARIS CEDEX
Tél. 336.54.22

C.C.P. 30 279 62 D LA SOURCE

N.B. Le Conseil de la Société d'Écologie a décidé de maintenir les adhésions et abonnements au même tarif que pour 1983. Cet effort financier ne pourra être poursuivi que si le nombre de nos abonnés augmente.

TARIF DU BULLETIN D'ÉCOLOGIE POUR 1984

			Librairies
FRANCE	Abonnement par un particulier (cotisation incluse)	230 F	10 % de remise
Pays de la CEE	Abonnement par une collectivité (organisme public ou privé)	380 F	340 F
AUTRES PAYS	Abonnement par un particulier	300 F	
	Abonnement par une collectivité	400 F	360 F
	Cotisation simple de membre	50 F	

IMPORTANT : Toutes les cotisations doivent être payées directement et de façon impersonnelle à la SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE.

10 AVR. 1984